Étude de suivi environnemental au lieu d'immersion CM-7 du havre de Cap-aux-Meules, Îles-de-la-Madeleine, Québec (1996)

Rapport final

ENVIRONNEMENT CANADA – RÉGION DU QUÉBEC
DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
MONTRÉAL, QUÉBEC

Environnement Canada Environment Canada

101-06861/

Étude de suivi environnemental au lieu d'immersion CM-7 du havre de Cap-aux-Meules, Îles-de-la-Madeleine, Québec (1996)

Rapport final

ENVIRONNEMENT CANADA – RÉGION DU QUÉBEC
DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
MONTRÉAL, QUÉBEC

EN COLLABORATION AVEC

BEAK INTERNATIONAL INCORPORÉE
DORVAL, QUÉBEC

Préparé par : Donald St-Laurent, Patrice Hamel, Raymond Chabot et Marc Provencher

DÉCEMBRE 2000

Cette publication devrait être citée comme suit :

St-Laurent, D., P. Hamel, R. Chabot et M. Provencher. 2000. *Étude de suivi environnemental au lieu d'immersion CM-7 du havre de Cap-aux-Meules, Îles-de-la-Madeleine, Québec (1996).* Rapport produit par Environnement Canada, Région du Québec, Direction de la protection de l'environnement en collaboration avec BEAK International inc., 68 p. et annexes.

N° de catalogue : En37-126/2000F

ISBN : 0-662-85396-2

Résumé

Le site de dépôt CM-7 a reçu au fil des années les sédiments non contaminés du havre de Cap-aux-Meules. Ces sédiments proviennent toutefois de secteurs adjacents à des zones où les teneurs en biphényles polychlorés (BPC) et en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dépassent les critères de qualité. L'objectif principal de l'étude de suivi environnemental réalisée en 1996 consistait à déterminer si l'immersion de ces sédiments avait causé un impact négatif au site de dépôt.

Le plan d'échantillonnage comportait 49 stations réparties parmi les trois monticules de dépôt et des zones intermonticulaire, rapprochée et éloignée, localisées respectivement entre les monticules, à 0,5 km et à 1 km du lieu d'immersion. Six autres stations furent positionnées à l'intérieur d'un site de référence localisé à environ 3,5 km du site CM-7.

Chacune des stations fut analysée pour la granulométrie, les métaux (arsenic (As), beryllium (Be), cadmium (Cd), cobalt (Co), chrome (Cr), cuivre (Cu), mercure (Hg), nickel (Ni), plomb (Pb), sélénium (Se), étain (Sn), vanadium (V) et zinc (Zn)), le carbone organique total (COT), les BPC et les HAP. Parmi ces stations, 19 furent étudiées pour l'azote ammoniacal, le potentiel d'oxydoréduction, les sulfures, la toxicité (*via* 5 bioessais) et la structure de la communauté d'invertébrés benthiques. Quant à l'activité exoenzymatique bactérienne *in situ*, celle-ci fut mesurée pour 50 des 55 stations.

Aucun BPC ni HAP ne fut détecté dans les échantillons. Les teneurs en métaux des sédiments ne dépassèrent jamais les concentrations maximales réglementées (Cd et Hg) ou les critères intérimaires (As, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn) sauf à une station dans la zone éloignée où la teneur en nickel a légèrement dépassé la concentration seuil produisant un effet (CSE).

Les sédiments de la zone de dépôt (i.e. monticules) sont constitués de particules plus grossières dont la teneur en COT et en métaux est légèrement moins élevée que dans le reste du secteur à l'étude. Les concentrations en COT et en métaux mesurées sont comparables aux niveaux normalement observés dans les substrats sablonneux du plateau madelinien du golfe Saint-Laurent.

Selon les critères succès-échec intérimaires, aucune toxicité ne fut observée chez les amphipodes et le Microtox^{MC} en phase solide. Par contre, la quasi totalité des stations se révélèrent toxiques selon l'essai avec l'oursin de mer. Selon ce dernier bioessai et le Microtox^{MC} en phase liquide, la zone monticulaire présente des réponses toxiques pratiquement toujours plus faibles que le reste de l'aire d'étude. Ces réponses toxiques sont surtout reliées aux teneurs en COT, à l'azote ammoniacal et à la granulométrie des sédiments suggérant qu'elles ne sont pas attribuables à des contaminants découlant de l'activité humaine. Quant au test de toxicité basé sur l'activité exoenzymatique bactérienne, il n'a révélé aucune toxicité.

La sensibilité relative des bioessais utilisés dans la présente étude est la suivante (en ordre décroissant de sensibilité) : bioessai de fertilisation chez l'oursin = Microtox^{MC} en phase liquide > bioessai Microtox^{MC} en phase solide > bioessai de survie de l'amphipode = bioessai basé sur l'activité exoenzymatique.

L'activité exoenzymatique *in situ* mesurée dans les monticules est significativement plus faible que celle observée dans les autres zones. Cette variable présente une forte corrélation avec la quantité de COT et la proportion de limon. La diminution de cette activité bactérienne dans la zone monticulaire refléterait la modification de la granulométrie du substrat occasionnée par l'immersion des déblais de dragage.

En ce qui a trait à la structure de la communauté benthique, une différence significative est observée entre les monticules, la zone de référence et les autres zones. Néanmoins, toutes les communautés affichent une productivité et une santé équivalente. Seule la densité des invertébrés est significativement moins élevée dans la zone monticulaire par rapport aux autres zones en raison de la plus faible abondance des invertébrés observée au monticule C, ce dernier correspondant probablement au dépôt le plus récent.

Puisque il n'y a pas eu de contamination des sédiments ni de modification majeure à la communauté benthique, il semble que l'utilisation ultérieure du lieu d'immersion CM-7 pour le dépôt de déblais de dragage soit justifiée.

Abstract

Disposal site CM-7 has received through the years the non-contaminated dredged sediments of Cap-aux-Meules harbour. These sediments however, were originally located in harbour areas neighbouring zones with elevated levels of PCBs and PAHs. The main objective of this 1996 environmental monitoring study was to verify if past sediment disposal activities at CM-7 have caused adverse effects to the environment.

A bathymetric survey chart was used to position 49 sampling stations at and around disposal site CM-7. Stations were located in the three deposit mounds, as well as in the intermound, near field (0.5 km away) and far field (1 km away) zones. Another 6 stations were placed inside a reference site (CMR) located approximately 3.5 km from CM-7.

All 55 stations were analysed for grain size, metals (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Sn, V and Zn), TOC, PCBs and PAHs. Nineteen of these stations were analysed for porewater ammonia (NH_3-N), sediment redox potential and total sulphides, toxicity (via 5 bioassays), and surveyed for the benthic invertebrate community. Finally, *in situ* bacterial exoenzymatic activity was assessed for 50 stations.

No PCBs or PAHs were detected in the samples. Metal concentrations in the sediments never exceeded either the regulated levels (Hg and Cd) nor the interim guidelines (As, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn), except at one station in the far-field area where the nickel concentration was slightly higher than the Threshold Effect Level (TEL).

Sediments of the disposal site (i.e. mounds) are made-up of coarser particles containing slightly lower concentrations of TOC and metals in comparison with the remainder of the study area. Measured concentrations of TOC and metals are comparable with the levels observed in the sandy substrates composing the Magdalen plateau of the Gulf of St. Lawrence.

According to interim pass-fail criteria, no toxicity was found in the solid phase Microtox™ and amphipod biotests. Laboratory exoenzymatic activity bioassays revealed no toxicity as well. However, toxicity was observed in the liquid phase Microtox™ and sea urchin assays, with lower toxic responses in the mounds than in the rest of the study area. This toxicity

was related to TOC and NH_3-N levels and grain size, suggesting it is not attributable to anthropogenic contaminants.

The relative sensitivity of the bioassays used in this study was determined as follows (in decreasing order of sensitivity) : sea urchin fertilisation bioassay = Microtox^{MC} liquid phase > Microtox^{MC} solid phase > amphipod survival bioassay = laboratory exoenzymatic activity bioassay.

In situ exoenzymatic activity is significantly lower in the mounds than in all other zones. This variable is strongly correlated with TOC and silt content. The decrease of this bacterial activity in the mound area seems attributable to a modification of the grain size generated by the disposal of the dredged material.

The benthic community in the deposit mounds was found to have a significantly different structure from that of the other areas, but as productive and healthy. Only invertebrate density was significantly lower in the disposal area in comparison with all other areas, and this is due to a low abundance of individuals in mound C which probably corresponds to the most recent deposit.

Since no sediment contamination and no major modification to the benthic community has been observed, it appears that CM-7 site can still be used as a disposal site for dredged material.

Collaborateurs

Ce document a été rédigé par Patrice Hamel et Raymond Chabot sous la direction de Donald St-Laurent et la supervision de Marc Provencher, tous gestionnaires du programme d'immersion en mer, Section de la protection du milieu aquatique, Direction de la protection de l'environnement, Environnement Canada - Région du Québec (Montréal, QC).

L'orientation scientifique et technique de ce projet de suivi environnemental a été fournie par Donald St-Laurent, Environnement Canada - Région du Québec (Montréal, QC), Andrée Chevrier, Division du milieu marin, Bureau de la gestion des déchets, Environnement Canada (Hull, QC), ainsi que par Chantale Côté, Guy Avoine et Donald Hart, BEAK International incorporée (Dorval, QC).

La majeure partie du traitement statistique des données fut conçue et réalisée par Patrice Hamel et révisée par Raymond Chabot. L'analyse de la communauté d'invertébrés benthiques (collecte, tri, identification et analyse statistique des données) fut réalisée par Laboratoires SAB inc. (Montréal, QC), par l'entremise de Bernadette Jacquaz.

Nous tenons à remercier Christian Bélanger et Kenneth Lee, Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Ca ada (Mont-Joli, QC) pour avoir mis à notre disposition les résultats relatifs à l'activité exoenzymatique bactérienne des sédiments, lesquels ont été obtenus à partir de sous-échantillons prélevés au site CM-7 simultanément au projet de suivi.

Pour ses précieuses recommandations concernant le design expérimental et le traitement statistique des données, nous remercions sincèrement Vincent Jarry, Section Intervention et restauration, Direction de la protection de l'environnement, Environnement Canada - Région du Québec (Montréal, QC).

Notre gratitude s'adresse également aux collègues suivants d'Environnement Canada pour leur implication dans la caractérisation physico-chimique et toxicologique des sédiments : François Dumouchel, André Fouquet, Patrice Turcotte, Lise Gougeon, Paul Beauchemin, Manon Harwood, Édith Francoeur et Christine Girard du Centre Saint-Laurent, Direction de la conservation de l'environnement (Montréal, QC) ; Ken Doe, Amanda Huybers, Paula Jackman, Meg Pocklinton, Kok-leng Tay, Suzanne Wade, Gary Wohlgeschaffen, Tanya Corbin et Aaron Martin du Centre des sciences environnementales (Moncton, NB).

La contribution de Louise Gendron, Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Canada (Mont-Joli, QC), a été essentielle pour la réalisation des sondages et de l'échantillonnage ayant permis la localisation des sites de dépôt. Nous tenons à remercier également Normand Doucet du Service Hydrographique du Canada, Pêches et Océans, qui a réalisé le sondage acoustique avec l'équipage du M. V. Frederick G. Creed, Larry Meyer et son équipe à l'Université du Nouveau-Brunswick pour le traitement des données acoustiques, l'équipage du N.S.C. Calanus II qui a contribué à l'échantillonnage des sédiments et finalement Robert Daigle et Danick Venne, Direction de la protection de l'Environnement, Environnement Canada - Région du Québec (Montréal, QC) pour la géomatique et la cartographie.

Le financement de ce projet a été assuré en proportions égales par le bureau régional du programme d'immersion en mer d'Environnement Canada (Montréal, QC), ainsi que par la Division du milieu marin du Bureau de la gestion des déchets d'Environnement Canada (Hull, QC), respectivement par le truchement de Marc Provencher et Jim Osborne.

Table des matières

Résumé iii

Abstract v

Collaborateurs vii

Liste des tableaux xi

Liste des figures xii

Liste des annexes xiv

1. Introduction 1

2. Matériel et méthodes 8

2.1. Description du secteur à l'étude 8
2.1.1. Données historiques sur le site de référence CMR 11

2.2. Caractérisation physico-chimique, toxicologique et exoenzymatique des sédiments 12
2.2.1. Échantillonnage 12
2.2.2. Analyse physico-chimique des sédiments 14
2.2.3. Activité exoenzymatique mesurée in situ 17
2.2.4. Bioessais de toxicité 17

2.3. Échantillonnage des invertébrés benthiques 18

2.4. Contrôle de la qualité des résultats analytiques 19

2.5. Analyses statistiques 21
2.5.1. Caractérisation physico-chimique, toxicologique et exoenzymatique des sédiments 21
2.5.2. Analyse de la communauté d'invertébrés benthiques 25

3. Résultats et discussion 28

3.1. Mesures et observations sur le terrain 28

3.2. Qualité des sédiments 28
3.2.1. Physico-chimie des sédiments 28
3.2.2. Bioessais de toxicité 29

3.3. Comparaison des paramètres physico-chimiques entre les zones 32

3.4. Activité exoenzymatique mesurée *in situ* 36

3.5. Comparaison des résultats des bioessais entre les zones et facteurs pouvant expliquer la toxicité 36

3.6. Analyse de la communauté d'invertébrés benthiques 44

3.6.1. Composition générale des communautés 44
3.6.2. Analyses multivariées 47
3.6.3. Descripteurs univariés 54
3.6.4. Analyse des différents groupes fonctionnels basés sur l'alimentation 55
3.6.5. Variables physico-chimiques pouvant expliquer la structure des communautés benthiques 58

4. Conclusion et recommandations 61

5. Références 65

Annexes 69

Liste des tableaux

Tableau 1 Volume et provenance des déblais de dragage immergés au site CM-7 depuis sa désignation en 1988 2

Tableau 2 Normes et critères de qualité des sédiments et critères de succès-échec pour les bioessais de toxicité définis par la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* et par Environnement Canada 6

Tableau 3 Caractéristiques physico-chimiques des sédiments de référence CMR 11

Tableau 4 Caractéristiques toxicologiques des sédiments de référence CMR 12

Tableau 5 Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des sédiments 30

Tableau 6 Résultats des bioessais Microtox^{MC} en phase solide, de fertilisation chez l'oursin et de survie de l'amphipode utilisés pour comparaison avec les critères de qualité des sédiments 31

Tableau 7 Activité exoenzymatique ($nmol \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$) mesurée *in situ* 39

Tableau 8 Corrélation entre la réponse de l'activité exoenzymatique mesurée *in situ* et les paramètres physico-chimiques 40

Tableau 9 Résultats des 5 bioessais de toxicité 41

Tableau 10 Modèles de régression multiple expliquant les résultats des bioessais et les pointages des échantillons sur les axes de l'AC utilisant la matrice des abondances 43

Tableau 11 Valeurs propres (λ) des deux premiers axes des AC et contribution des taxons à la formation de ces axes 50

Tableau 12 Comparaisons des pointages des échantillons sur les axes des AC entre les cinq zones d'échantillonnage 53

Tableau 13 Moyennes (± écart type) des descripteurs univariés de la communauté benthique 55

Liste des figures

Figure 1 Localisation du lieu d'immersion CM-7, Cap-aux-Meules, Îles-de-la-Madeleine, Québec 5

Figure 2 Havre de Cap-aux-Meules – Installations portuaires et aires draguées dans la rade polyvalente et le chenal d'accès entre 1988 et 1995 7

Figure 3 Bathymétrie et stations échantillonnées au lieu d'immersion CM-7 à l'automne 1996 9

Figure 4 Représentation tridimensionnelle du lieu d'immersion CM-7 10

Figure 5 Déroulement des activités du suivi environnemental réalisé en 1996 au site d'immersion CM-7 16

Figure 6 Résumé des analyses statistiques effectuées avec les données de physico-chimie, de l'activité exoenzymatique mesurée *in situ* et les résultats des bioessais de toxicité 24

Figure 7 Résumé des analyses statistiques effectuées avec les données de l'inventaire des invertébrés benthiques 27

Figure 8 Régression linéaire et intervalle de confiance entre le pourcentage de particules fines et la teneur en COT et en métaux 34

Figure 9 Abondance relative des grands groupes taxinomiques d'invertébrés dans les cinq zones d'échantillonnage 45

Figure 10 Biomasse relative des grands groupes taxinomiques d'invertébrés dans les cinq zones d'échantillonnage 46

Figure 11 Distribution des échantillons sur les deux axes principaux de l'AC utilisant la matrice des abondances 48

Figure 12 Distribution des taxons sur les deux axes principaux de l'AC utilisant la matrice des abondances 49

Figure 13 Distribution des échantillons sur les deux axes principaux de l'AC utilisant la matrice des biomasses 51

Figure 14 Distribution des taxons sur les deux axes principaux de l'AC utilisant la matrice des biomasses 52

Figure 15 Abondance relative des groupes fonctionnels basés sur l'alimentation dans les cinq zones d'échantillonnage 56

Liste des annexes

Annexe A	Données historiques des analyses physico-chimiques des sédiments aux sites de dragage
Annexe B	Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage des sédiments et des invertébrés benthiques
Annexe C	Teneurs en HAP et en BPC dans les sédiments
Annexe D	Protocoles suivis pour les analyses physico-chimiques, la mesure de l'activité exoenzymatique aminopeptidase *in situ* et les bioessais de toxicité
Annexe E	Documents de référence utilisés pour l'identification des invertébrés
Annexe F	Classification des invertébrés recensés dans les groupes fonctionnels basés sur l'alimentation
Annexe G	Contrôle de la qualité des résultats analytiques
Annexe H	Analyse des résidus des six modèles de régression multiple
Annexe I	Taxons rares exclus des analyses des correspondances
Annexe J	Paramètres de support mesurés lors de l'échantillonnage des invertébrés
Annexe K	Résultats de l'analyse physico-chimique des sédiments
Annexe L	Abondance des invertébrés récoltés dans les échantillons
Annexe M	Correspondance entre les noms des taxons et les abréviations utilisées dans les analyses des correspondances
Annexe N	Distribution des échantillons sur les axes 1 et 3 des analyses des correspondances
Annexe O	Résultats complets des analyses des correspondances
Annexe P	Biomasse (g) des invertébrés récoltés dans les échantillons

1. Introduction

Au Canada, l'immersion en mer de déblais de dragage résultant de l'entretien des ports et des chenaux maritimes est une activité réglementée en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE). C'est par un régime de permis et d'inspections administré par Environnement Canada que le gouvernement canadien assure le contrôle de l'immersion des substances en milieu marin. La procédure de délivrance des permis d'immersion comprend un examen des différentes options de gestion des déblais de dragage, une caractérisation physico-chimique des sédiments, le choix de lieux d'immersion appropriés ainsi que des activités de surveillance et de suivi environnemental des lieux d'immersion. Les activités de surveillance se déroulent généralement durant les opérations d'immersion autorisée et assurent le respect de la réglementation en vigueur et des modalités du permis.

Le suivi environnemental est, quant à lui, réalisé après la mise en dépôt des déblais. Le suivi environnemental a pour objectif de vérifier que les activités d'immersion de matières draguées n'entraînent pas d'effets néfastes pour l'environnement. L'ensemble de ces activités permettent au Gouvernement du Canada de se conformer aux exigences de la LCPE et de respecter son engagement vis à vis la Convention de Londres de 1972[1].

Au Québec, le suivi environnemental porte spécifiquement sur les lieux d'immersion ayant reçu les déblais de dragage résultant de la construction ou de l'entretien des ports et des chenaux de navigation. Les activités de suivi permettent d'évaluer la convenance et l'efficacité du processus d'évaluation des demandes de permis d'immersion en mer, ainsi que l'adéquation des critères qui sous-tendent l'octroi des permis. Elles servent à dépister et atténuer le plus tôt possible les impacts négatifs imprévus des activités d'immersion sur le milieu marin. De plus, les connaissances acquises servent à améliorer la réglementation, les lignes directrices et les conditions des permis d'immersion en mer afin de mieux protéger la vie marine et la santé humaine.

[1] Convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets (LC 72).

En 1996, les efforts de suivi environnemental d'Environnement Canada, Région du Québec, ont porté sur le lieu d'immersion CM-7 (Figure 1). Ce site reçoit les déblais de dragage de la rade polyvalente et du chenal d'accès du havre de Cap-aux-Meules aux Îles-de-la-Madeleine (Québec) depuis sa désignation en 1988. La Figure 2 présente les installations du havre de Cap-aux-Meules ainsi que les aires draguées d'où proviennent les sédiments immergés au lieu CM-7. Un total de 66 571 mètres cubes de sédiments y ont été rejetés de 1988 à 1995 inclusivement (Tableau 1).

Tableau 1 Volume et provenance des déblais de dragage immergés au site CM-7 depuis sa désignation en 1988

Année	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995		Total
Provenance	chenal	chenal	rade	-	rade	chenal	-	chenal	rade	-
Volume (m^3)	17 650	9 068	5 550	0	1 238	20 319	0	13 000	1 000	66 571

Les résultats des campagnes antérieures de caractérisation des sédiments de la rade polyvalente et du chenal d'accès, réalisées entre 1989 et 1995, avaient démontré que ces sédiments respectaient les normes et critères de qualité des sédiments définis par la LCPE et le Programme d'immersion en mer d'Environnement Canada (Annexe A ; Tableau 2). Cependant, quant aux sédiments provenant du bassin commercial du havre de Cap-aux-Meules, lequel bassin est adjacent au chenal d'accès, une caractérisation physico-chimique et toxicologique réalisée en 1994 avait mis en évidence des dépassements comparativement aux normes et critères de qualité fixés pour le Programme d'immersion en mer.

En effet, sur les 26 stations échantillonnées dans le bassin commercial, 4 stations excédaient la norme en HAP totaux, 19 excédaient celle en BPC totaux et 2 stations affichaient des teneurs supérieures à la Concentration produisant un Effet Probable (CEP ; Environment Canada 1995a) pour le cuivre ou le zinc. En ce qui a trait à la toxicité, le critère de succès ne fut pas rencontré à une et quatre stations respectivement pour le Microtox^{MC} en phase solide et le bioessai de fécondation chez l'oursin de mer (Bombardier 1995 ; Tableau 2).

Bien que l'immersion en mer des sédiments du bassin commercial n'ait jamais été autorisée, mais puisque la dernière caractérisation des sédiments du chenal d'accès remontait à 1992, il était néanmoins possible qu'il y ait eu, au cours de la période 1992-1995 inclusivement, un transport de ces sédiments contaminés du bassin commercial vers le chenal d'accès dû notamment aux mouvements de navire et à la marée. Si tel était le cas, il était également possible que, lors des dragages d'entretien du chenal d'accès en 1993 et 1995, des sédiments contaminés ait été immergés au site CM-7. Le suivi environnemental entrepris au lieu d'immersion CM-7 visait donc notamment à vérifier s'il y avait présence de sédiments contaminés en HAP ou BPC à cet endroit.

En outre, le lieu CM-7 est également représentatif des activités d'immersion au Québec, c'est-à-dire des sites recevant de faibles volumes de sédiments dragués qui proviennent du dragage d'entretien des ports et chenaux de navigation. Ainsi, d'une façon plus globale, l'objectif de la présente étude était de déterminer si les activités d'immersion de déblais de dragage avaient entraînées des effets néfastes pour l'environnement aquatique récepteur au lieu d'immersion CM-7.

Plus spécifiquement, l'étude de suivi devait permettre:

(1) de déterminer si la charge de contaminants dans les sédiments et la toxicité des sédiments respectaient les critères intérimaires et les normes développés pour l'immersion de sédiments en mer ;

(2) de vérifier s'il existe des différences significatives entre les différentes zones étudiées (i.e. monticulaire, intermonticulaire, rapprochée, éloignée et de référence) quant à la physico-chimie et la toxicité des sédiments, l'activité exoenzymatique mesurée in situ *et la structure des communautés benthiques ;*

(3) de vérifier, à partir de l'analyse de la communauté d'invertébrés benthiques, si les différences observées entre les zones sont indicatrices de perturbations causées par une pollution;

(4) de délimiter la zone ayant subi des impacts physiques, chimiques et biologiques attribuables aux activités de rejet ;

(5) d'identifier les impacts attribuables aux activités d'immersion et leur signification au plan écologique ;

(6) de déterminer si le lieu CM-7 peut continuer à recevoir des déblais de dragage sans menacer le milieu environnant ;

(7) d'identifier, le cas échéant, les variables qui pourraient expliquer:
- *la toxicité exprimée par les bioessais ;*
- *les variations de l'activité exoenzymatique ;*
- *les variations de la structure de la communauté benthique ;*

(8) de statuer sur la sensibilité relative des bioessais de toxicité ;

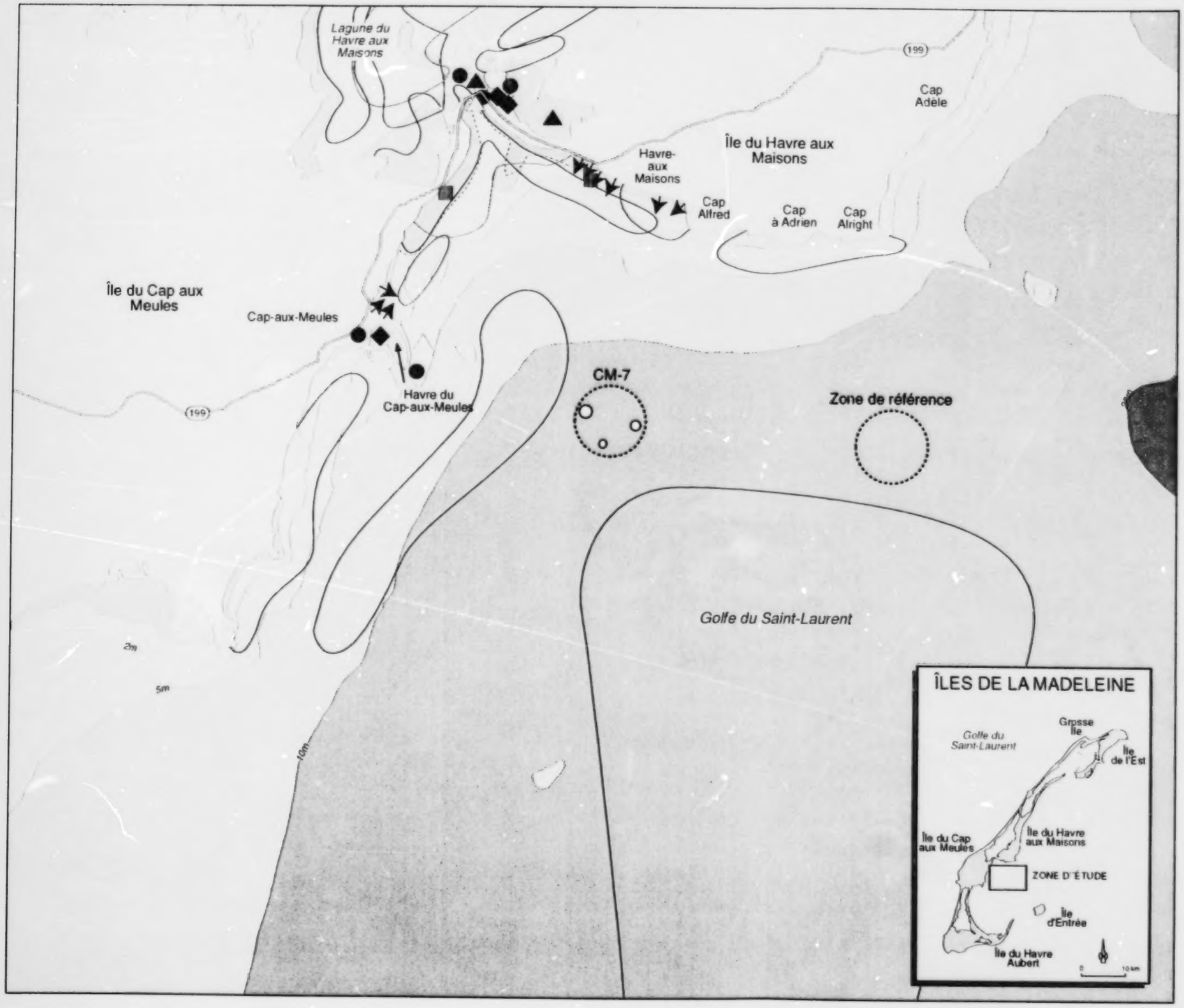
(9) de déterminer si la réglementation, les lignes directrices et les conditions de permis actuelles, qui encadrent le rejet en eau libre des déblais de dragage, sont pertinentes et efficaces pour assurer la protection du milieu.

Une approche par cumul de preuves dite « triade », faisant appel à une évaluation physico-chimique des sédiments, des essais toxicologiques et un échantillonnage du benthos, fut appliquée. Le design expérimental sous-jacent a été conçu en tenant compte de la grandeur du lieu d'immersion, de la nature des fonds avoisinants et de la direction du transport sédimentaire anticipé. L'interprétation des résultats de chimie et de toxicologie fut réalisée principalement en fonction des critères utilisés pour l'évaluation des demandes de permis d'immersion (Tableau 2). L'interprétation des résultats reposait également sur une comparaison avec une zone de référence.

Nous avons donc échantillonné en septembre 1996 les sédiments des trois monticules de matériaux immergés formant le site CM-7 (stations A, B et C), ceux de la zone intermonticulaire (i.e. stations D et IM localisées entre les monticules) ; ceux d'une zone d'exposition dite rapprochée (stations ZR) et d'une zone d'exposition dite éloignée (stations ZE) situées respectivement le long d'un cercle de 500 m et de 1000 m de rayon centré sur le site CM-7 ; ainsi que les sédiments d'une zone de référence (REF) située à environ 3,6 km à l'est du site CM-7. De plus, nous avons échantillonné la communauté d'invertébrés benthiques présente dans chacune de ces 5 zones en novembre 1996. Les détails de l'échantillonnage sont présentés à la section suivante.

FIGURE 1

LOCALISATION DU LIEU D'IMMERSION CM-7, CAP-AUX-MEULES, ÎLES-DE-LA-MADELEINE, QUÉBEC

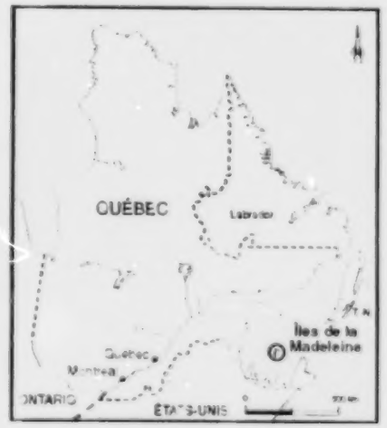


INSTALLATIONS

- Havre de pêche/marina
- Rejet d'égout sanitaire
- Rejet d'égout industriel
- Rejet d'égout pluvial
- Usine de produits de mer

ZONES SENSIBLES

- Éperlan arc-en-ciel (faible)
- Homard d'Amérique (élevée)
- Homard d'Amérique (non exploité)
- Moule bleue (faible)
- Banc de palourdes
- Mactre atlantique (faible)
- Plie rouge (faible)
- Maquereau bleu (élevée)
- Zone de marée (basses-eaux)
- Colonie d'oiseaux
- Aire de baignade



GENIVAR

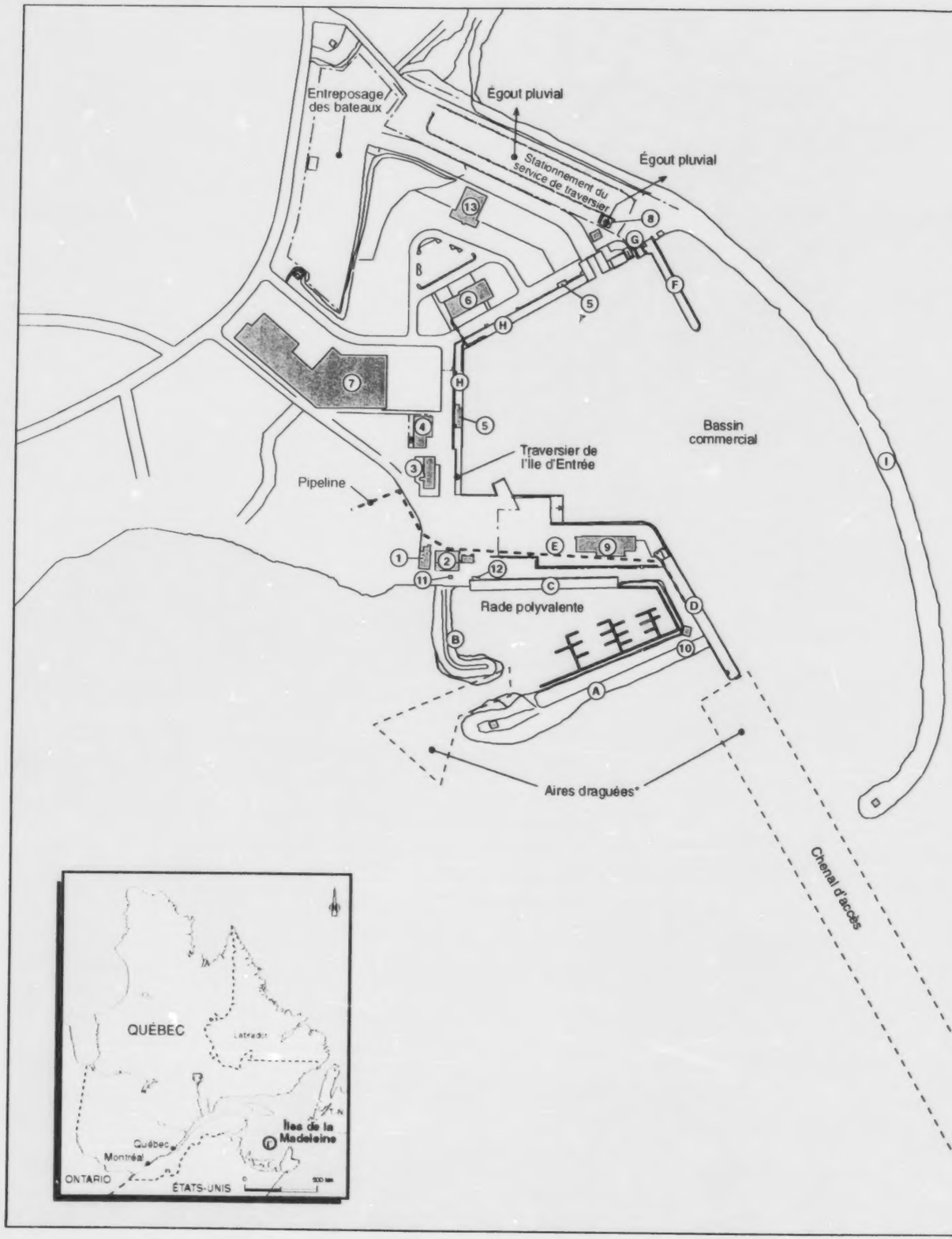
Q00286

Tableau 2 **Normes et critères de qualité des sédiments et critères de succès-échec pour les bioessais de toxicité définis par la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* et par Environnement Canada**

Composés ou éléments chimiques		Critère [B]	
	Norme [A] (ppm, base sèche)	CSE [C] (ppm, base sèche)	CEP [D] (ppm, base sèche)
BPC totaux	0,1		
HAP totaux	2,5		
Argent		0,73	1,77
Arsenic		7,24	41,6
Cadmium	0,6		
Chrome		52,3	160
Cuivre		18,7	108
Mercure	0,75		
Nickel		15,9	42,8
Plomb		30,2	112
Zinc		124	271

Bioessais de toxicité	Les sédiments sont considérés toxiques si:
Survie de l'amphipode	Une diminution de la survie d'au moins 20% est observée entre le sédiment testé et un sédiment propre utilisé comme référence [E].
Microtox[MC] en phase solide (exposition de 5 min.)	La CI_{50} de l'échantillon est inférieure à 1000 ppm.
Fertilisation de l'oursin	Une diminution de la fertilisation d'au moins 25% est observée entre le sédiment testé et l'eau de contrôle [E].

A Tiré du Guide d'utilisation de la formule « Demande de permis (immersion en mer) » d'Environnement Canada (1995).
B Critères intérimaires de qualité des sédiments marins (Environment Canada 1995a).
C CSE = concentration seuil produisant un effet (TEL).
D CEP = concentration produisant un effet probable (PEL).
E La différence doit être statistiquement significative.



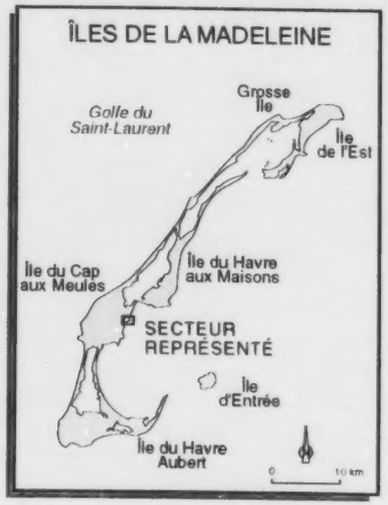


FIGURE 2

HAVRE DE CAP-AUX-MEULES — INSTALLATIONS PORTUAIRES ET AIRES DRAGUÉES DANS LA RADE POLYVALENTE ET LE CHENAL D'ACCÈS ENTRE 1988 ET 1995

IDENTIFICATION DES STRUCTURES

- **A** Brise-lames sud construit en 1984
- **B** Brise-lames ouest construit en 1984
- **C** Quai côtier construit en 1984
- **D** Quai des pétroliers
- **E** Quai commercial
- **F** Quai du traversier
- **G** Rampe de lancement
- **H** Quai des pêcheurs
- **I** Brise-lames est construit en 1970

IDENTIFICATION DES BÂTIMENTS

- **1** Bâtiment "Irving oil"
- **2** Garage C.T.M.A.
- **3** Garde côtière et maître de port
- **4** Bâtiment à boëtte
- **5** Bâtiment de déchargement
- **6** Usine à glace
- **7** Usine de transformation de produits marins
- **8** Gare maritime
- **9** Hangar
- **10** Capitainerie
- **11** Cabanon électrique
- **12** Roulotte des maîtres-peseurs
- **13** Bâtiment Leblanc

* Les sédiments de draguage immergés au lieu CM-7 de 1988 à 1995 proviennent exclusivement de ces deux zones.

0 100 200 m

GENIVAR

Source: Travaux publics et Services gouvernementaux Canada.

Q00286

2. Matériel et méthodes

2.1. Description du secteur à l'étude

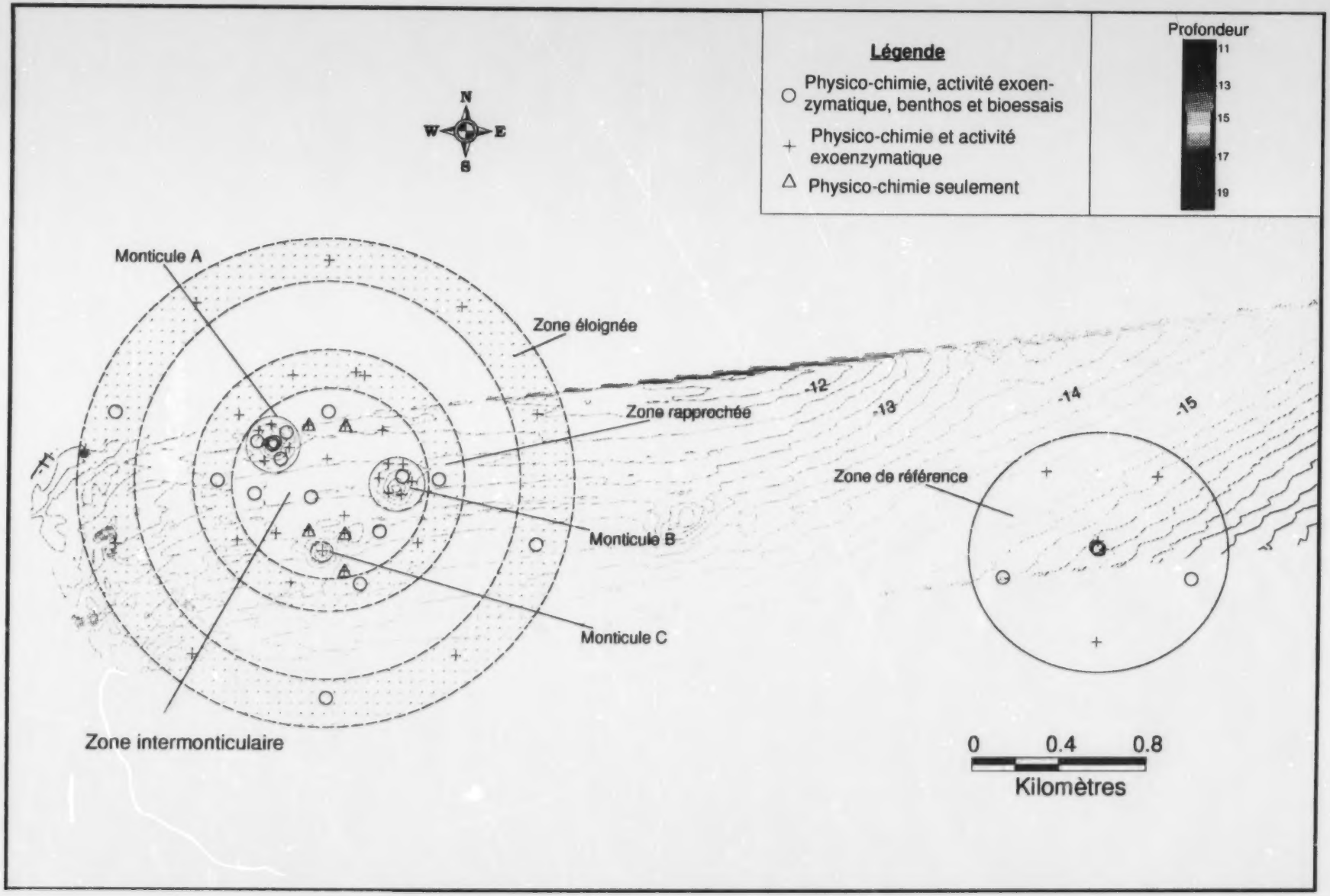
Le lieu d'immersion CM-7 est situé dans la baie de Plaisance à 2,7 km au large du port de Cap-aux-Meules. La Figure 1 illustre l'emplacement du site CM-7 et du site de référence ainsi que les éléments sensibles et les installations présents dans ce secteur. Les trois cercles figurant à l'intérieur de la zone CM-7 indiquent la position des trois monticules formés par les déblais de dragage, lesquels peuvent atteindre un mètre d'épaisseur par rapport au fond marin. Ces monticules ont été localisés par sondage acoustique au moyen du système multi-faisceaux SIMRAD EM-1000 monté à bord du M.V. Frederick G. Creed du Service hydrographique du Canada, lors d'un relevé réalisé le 29 juillet 1996. La résolution verticale du système était d'environ 10 à 15 cm. La Figure 3 et la Figure 4 présentent les résultats de cette campagne de sondage. Étant donné que le site CM-7 n'avait pas fait l'objet d'études antérieures, aucune donnée historique sur la qualité des sédiments n'était disponible pour ce lieu d'immersion.

Le site de référence utilisé fut le site CMR situé à environ 3,6 km à l'est du site CM-7 (Figure 3). Ce site a déjà été utilisé comme référence lors d'une étude portant sur l'évaluation de la toxicité des sédiments du port de Cap-aux-Meules en 1994 (Bombardier 1995). La sélection du site CMR a été effectuée en collaboration avec le ministère des Pêches et des Océans, Division de la qualité du milieu marin, Institut Maurice-Lamontagne (Daniel Gauthier, comm. pers.). Les critères de sélection retenus à ce moment furent les suivants :

- caractéristiques océanographiques similaires à celles rencontrées aux sites utilisés pour le dépôt des déblais de dragage du havre de Cap-aux-Meules (incluant le site CM-7) ;
- faible influence ou influence négligeable des dépôts antérieurs de déblais de dragage ;
- peu sujet aux perturbations par les activités de pêche commerciale dans le secteur.

Les données historiques disponibles sur ce site CMR sont décrites à la section 2.1.1.

Figure 3 Bathymétrie et stations échantillonnées au lieu d'immersion CM-7 à l'automne 1996



Environnement Canada Environment Canada

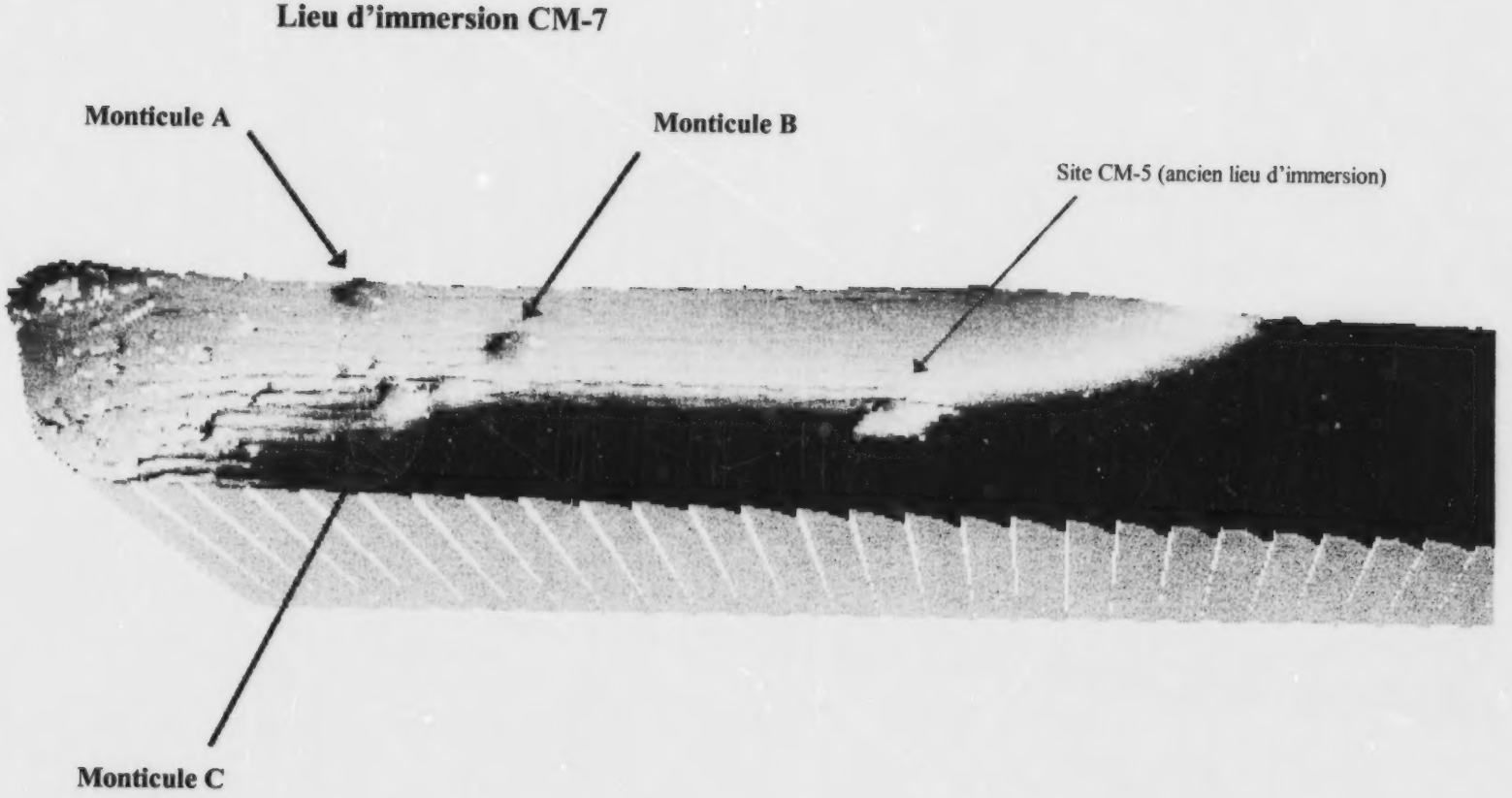


Figure 4 Représentation tridimensionnelle du lieu d'immersion CM-7

2.1.1. Données historiques sur le site de référence CMR

Le Tableau 3 et le Tableau 4 présentent les résultats des analyses physico-chimiques et toxicologiques des quatre échantillons de sédiments prélevés au site de référence CMR en 1994. Ces sédiments de référence sont de nature plutôt sablonneuse, le pourcentage de particules de taille inférieure à 63 µm (limon et argile) n'étant que d'environ 13%. Ils sont également très pauvres en matière organique (moins de 1% de carbone organique) et ont des teneurs en contaminants organiques et en métaux qui sont inférieures aux normes et critères de qualité en vigueur (Tableau 3). Outre la toxicité modérée révélée par le bioessai Microtox[MC] sur l'eau interstitielle pour deux des quatre échantillons, les autres bioessais démontrent une absence de toxicité reflétant ainsi la présence de sédiments peu ou pas contaminés (Tableau 4).

Tableau 3 Caractéristiques physico-chimiques des sédiments de référence CMR

Paramètre	unité	Station				moyenne	écart type
		21	21A	21B	22		
Particules fines (i.e. < 63 µm)	%	12,36	12,96	13,63	12,98	**12,98**	**0,52**
COT	%	0,079	0,556	0,175	0,030	**0,210**	**0,238**
HAP totaux [A]	mg/kg	-	0,05	-	0,08	**0,065**	**0,021**
BPC totaux [B]	mg/kg	ND [C]	ND	ND	0,045	**0,011**	**0,023**
As [D]	mg/kg [E]	2,32	1,95	2,42	2,51	**2,30**	**0,25**
Cd	mg/kg	0,01	0,01	0,01	0,01	**0,01**	**0,00**
Cu	mg/kg	6,02	5,76	6,18	6,17	**6,03**	**0,20**
Hg	mg/kg	0,008	0,009	0,008	0,006	**0,008**	**0,001**
Pb	mg/kg	5,93	6,89	6,83	6,32	**6,49**	**0,45**
Zn	mg/kg	25,67	24,59	28,13	26,89	**26,32**	**1,53**

A La limite de détection pour l'analyse des HAP était 0,03 mg/kg.
B La limite de détection pour l'analyse des BPC était 0,002 mg/kg.
C ND = non détecté.
D Limite de détection pour les métaux (en mg/kg) : As = 0,1 ; Cd = 0,01 ; Cu = 2,5 ; Hg = 0,0075 ; Pb = 0,1 ; Zn = 2,5.
E Les teneurs en métaux sont exprimées en mg/kg de sédiments secs et ont été corrigées par un facteur de normalisation.
Source : Bombardier 1995.

Tableau 4 Caractéristiques toxicologiques des sédiments de référence CMR

Station	Microtox^{MC} eau interstitielle CI_{50} (% v/v)	Microtox^{MC} phase solide CI_{50} (ppm en poids sec)	Survie de l'amphipode *A. virginiana* dans le sédiment entier (% moyen ± é. t.)	Inhibition de la fécondation chez l'oursin de mer *L. pictus* CI_{25} (% v/v)
21	>50	13 043	94 ± 6,5	>100
21A	9,6	12 494	-	-
21B	14,3	14 097	-	-
22	>50	12 505	99 ± 2,2	79,5

Source : Bombardier 1995.

2.2. Caractérisation physico-chimique, toxicologique et exoenzymatique des sédiments

2.2.1. Échantillonnage

Les stations de la zone d'étude ont été positionnées selon les recommandations du Guide technique sur le suivi biologique d'Environnement Canada (Environment Canada 1996). Ainsi, un plan d'échantillonnage de type combiné (i.e. exposition / gradient) fut appliqué en raison du fait que les courants dans ce secteur possèdent une direction prédominante, i.e. de l'est vers l'ouest (Denis Lefaivre 1997, comm. pers.[2]), et de la probabilité que les constituants chimiques des sédiments soient distribués inégalement dans la zone de dépôt.

L'échantillonnage des sédiments en vue de leur caractérisation physico-chimique, toxicologique et benthique a eu lieu du 16 au 20 septembre 1996 et a été réalisé à 55 stations réparties parmi cinq zones soit : 16 stations dans la zone monticulaire (stations A, B et C), 13 dans la zone intermonticulaire (stations D et IM), 10 dans la zone rapprochée (stations ZR), 10 dans la zone éloignée (stations ZE), et 6 dans la zone de référence CMR (stations R) (voir Figure 3 et Annexe B).

Pour les monticules A, B et C ainsi que la zone de référence, une station fut positionnée au centre du cercle délimitant la zone, et les autres stations furent placées à l'intérieur du cercle selon une disposition radiale. Les échantillons A1A à A1C prélevés dans le monticule A, et REF1A à

[2] Denis Lefaivre, Pêches et Océans Canada, Institut Maurice-Lamontagne, 850, Route de la Mer, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4.

REF1C prélevés dans la zone de référence, ont été positionnés presque exactement au même endroit et constituaient des échantillons répétés (i.e. « réplicats » de terrain) qui visaient notamment à évaluer la variation à l'intérieur d'une même station. Ces réplicats portaient le nombre d'échantillons respectivement à 18 et à 8 dans la zone monticulaire et de référence, pour un total de 59 échantillons. Les stations des zones rapprochée et éloignée ont été placées de manière équidistante le long de deux cercles concentriques de 500 m et 1000 m de rayon centrés sur le site CM-7 (délimité par les trois monticules). Ces stations ont été positionnées à intervalles réguliers de manière à couvrir toute la circonférence du site CM-7. Enfin, les stations de la zone intermonticulaire ont été positionnées de façon systématique en divisant l'aire de dépôt en 338 quadrats puis en positionnant les stations parmi ces quadrats de façon à couvrir uniformément la zone intermonticulaire.

Sur le terrain, le positionnement exact des stations d'échantillonnage a été réalisé à l'aide du système de positionnement par satellite du N.S.C. Calanus II, soit un DGPS de marque North Star 941X. Ce système permettait une précision inférieure à 10 m. La profondeur de l'eau, ajustée au zéro des cartes, a été déterminée à partir des données du sondage réalisé à l'aide du système SIMRAD EM-1000 le 29 juillet 1996, pour toutes les stations où cela était possible. Dans les autres cas, les profondeurs ajustées ont été calculées à partir des profondeurs mesurées lors de l'échantillonnage et de l'amplitude de la marée enregistrée au même moment à l'aide d'un marégraphe situé au havre de Cap-aux-Meules.

La méthodologie suivie pour le prélèvement, le transport, la manutention, l'entreposage et la préparation des échantillons de sédiments était conforme aux directives décrites dans le *Document d'orientation* d'Environnement Canada (1994). Les sédiments prélevés lors de cette campagne ont été subdivisés afin de réaliser la caractérisation physico-chimique des sédiments, à les soumettre à des bioessais de toxicité et à en mesurer l'activité exoenzymatique aminopeptidase *in situ*.

À chacune des stations, les sédiments étaient prélevés à l'aide de trois bennes Shipek (0,04 m^2 chacune) lancées simultanément. Afin d'obtenir le volume de sédiments requis pour les analyses, soit environ 8 L, plusieurs prélèvements avec les bennes ont parfois été nécessaires à une même station (jusqu'à quatre prélèvements utilisant les trois bennes). Suite au prélèvement des sédiments, une période de 1 à 5 min. fut accordée à la décantation, après quoi le godet fut

incliné afin d'éliminer la majeure portion du surnageant. C'est à ce stade que le sous-échantillon servant à la mesure de l'activité exoenzymatique fut prélevé. Ainsi, un volume d'environ 250 mL de sédiments fut prélevé à la surface du sédiment (0-6 cm) dans la partie supérieure d'un des godets de la station, là où le sédiment fut totalement exempt de surnageant en raison de l'inclinaison du godet. Ce sous-échantillon fut par la suite placé dans un sac Ziplock^{MC} scellé hermétiquement, puis entreposé à 4 °C à la noirceur jusqu'à la mesure de l'activité exoenzymatique bactérienne.

Par la suite les sédiments furent retirés des bennes et réunis en un seul échantillon de sédiments pour chaque station d'échantillonnage. Avant la combinaison des sédiments contenus dans les bennes, l'épaisseur de l'eau couvrant les sédiments variait entre 1 et 10 mm environ. Les échantillons ont été placés dans des seaux de polyéthylène haute densité doublés de sacs de polyéthylène haute densité, et ces sacs furent dégazés manuellement avant d'être scellés à l'aide d'un ruban adhésif. Les seaux furent conservés à l'obscurité à 4 °C jusqu'à l'homogénéisation des sédiments.

À leur arrivée au laboratoire, les échantillons ont été homogénéisés à l'aide d'un malaxeur électrique durant 1 à 3 minutes pour la plupart. Préalablement à l'homogénéisation, l'hélice du malaxeur fut rincé avec l'eau du robinet d'abord, puis à l'acétone et à l'hexane de qualité « analyse organique ». L'homogénat fut ensuite subdivisé dans 6 récipients de types et de volumes différents, selon les analyses à effectuer. Tous les récipients furent conservés à 4 °C à la noirceur jusqu'à l'utilisation des sous-échantillons pour les analyses physico-chimiques et les bioessais de toxicité. Les délais encourus pour toute la réalisation du projet, incluant les délais entre l'échantillonnage des sédiments et les différentes analyses, sont résumés à la Figure 5.

2.2.2. Analyse physico-chimique des sédiments

Les 59 échantillons de sédiments ont été analysés pour les paramètres suivants : la granulométrie et les teneurs en carbone organique total (COT), en métaux (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Sn, V, Zn), en hydrocarbures aromatiques polycycliques (19 congénères de HAP au total ; voir Annexe C), et en biphényles polychlorés (BPC recherchés sous forme d'Aroclor 1242, 1248, 1254, et 1260).

Le potentiel d'oxydoréduction et la teneur en sulfures dans les sédiments ainsi que la concentration d'azote ammoniacal dans l'eau interstitielle ont été mesurés pour seulement 23 des 59 échantillons récoltés, répartis comme suit : 8 échantillons de la zone monticulaire, 4 de la zone intermonticulaire, 3 de la zone rapprochée, 3 de la zone éloignée et 5 de la zone de référence (symbolisés par les cercles dans la Figure 3). Les protocoles analytiques ainsi que les laboratoires qui ont effectué les analyses physico-chimiques sont répertoriés à l'Annexe D.

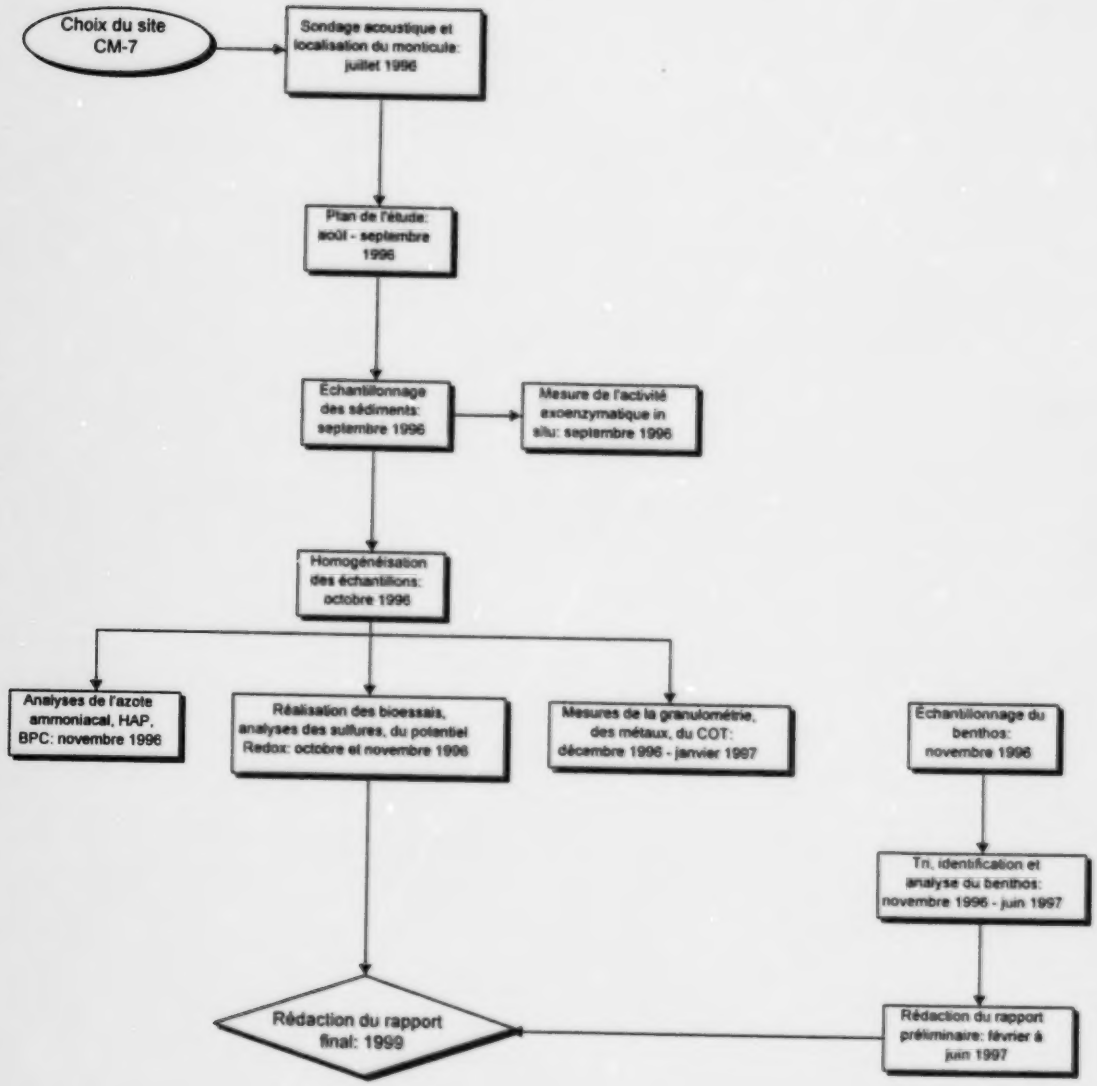


Figure 5 **Déroulement des activités du suivi environnemental réalisé en 1996 au site d'immersion CM-7**

2.2.3. *Activité exoenzymatique mesurée* in situ

L'activité exoenzymatique aminopeptidase a été mesurée *in situ* pour tous les sédiments prélevés à l'exception des sédiments des quatre stations "IM" de la zone intermonticulaire. L'activité exoenzymatique aminopeptidase est une mesure de l'activité microbiologique évaluée par la libération de composés fluorescents suite à la dégradation par les bactéries d'un substrat analogue "MCA-Leucine" incorporé aux sédiments échantillonnés. Lors de l'échantillonnage, un sous-échantillon d'environ 250 ml était prélevé à la surface des sédiments retrouvés dans chaque benne (strate 0-6 cm), puis placé dans un sac de polyéthylène de type "Ziploc" et entreposé à 4°C sur de la glace concassée. L'activité exoenzymatique aminopeptidase était mesurée à bord du navire d'échantillonnage, peu de temps après le prélèvement des sédiments. Les valeurs de l'activité exoenzymatique ont été corrigées en fonction du temps écoulé entre l'échantillonnage des sédiments et la prise des mesures. Le protocole utilisé pour réaliser cette analyse est présenté à l'Annexe D.

2.2.4. *Bioessais de toxicité*

Des 59 échantillons récoltés à 55 stations, 23 échantillons provenant de 19 stations ont été soumis aux bioessais de toxicité suivants (voir Figure 3) : le bioessai Microtox^{MC} en phase solide, mesurant la luminescence de la bactérie *Vibrio fischeri* (*Photobacterium phosphoreum*) après une exposition de 20 min. à une suspension aqueuse saline du sédiment et une période de stabilisation de 5 min. du filtrat de cette suspension; le bioessai Microtox^{MC} en phase liquide, mesurant la luminescence après une exposition de 15 min. à l'eau interstitielle des sédiments; le bioessai mesurant le pourcentage de fécondation chez l'oursin blanc, *Lytechinus pictus*, après une exposition de 20 et 10 min. respectivement du sperme et des oeufs à l'eau interstitielle des sédiments; le bioessai mesurant la survie de l'amphipode marin *Rhepoxinius abronius*, après une exposition de 10 jours au sédiment; et le bioessai basé sur l'activité exoenzymatique aminopeptidase de la communauté bactérienne retrouvée dans les sédiments. Ce dernier bioessai diffère de la mesure *in situ* de l'activité exoenzymatique par la préparation d'une série de

dilutions des sédiments d'essai afin de calculer des concentrations d'inhibition (CI). De plus, ce bioessai compare les résultats obtenus sur les sédiments d'essais à ceux provenant d'un sédiment de référence considéré propre et d'un autre considéré contaminé. Les protocoles utilisés et les laboratoires qui ont effectué ces bioessais sont répertoriés à l'Annexe D. Compte tenu de la variabilité des bioessais Microtox^{MC} en phase solide et en phase liquide, les seuils de signification ont été fixés respectivement à 15% et 10% d'inhibition de la luminescence. En conséquence, seules les concentrations causant une inhibition de la luminescence supérieure à ces limites ont été utilisées pour le calcul des CI_{50} et CI_{25}.

2.3. Échantillonnage des invertébrés benthiques

Une campagne d'échantillonnage des invertébrés benthiques a été réalisée entre le 5 et le 7 novembre 1996. L'échantillonnage a été effectué aux mêmes 19 stations qui avaient été retenues en septembre 1996 pour les mesures de l'azote ammoniacal, du potentiel d'oxydoréduction, des sulfures, et la réalisation des bioessais (Figure 3). Toutefois, la position des stations d'échantillonnage des invertébrés était parfois légèrement différente de celle des stations d'échantillonnage des sédiments (décalage variant de 0 à 12,4 m, sauf à la station ZE-3 où une erreur de lecture à été enregistré, voir Annexe B). Le positionnement des stations d'échantillonnage lors du prélèvement était réalisé à l'aide d'un système de positionnement par satellite de marque "Furuno GPS Navigator, GP 50 Mark-3" couplé à un récepteur "MBX-2 Beacon Receiver". Ce système permettait une précision inférieure à 10 m. À chaque station, six échantillons dont le volume variait entre 0,7 et 1,2 L de sédiment étaient prélevés à l'aide d'une benne Shipek (0,04 m^2). Les sédiments prélevés étaient tamisés sur un tamis à mailles de 500 µm et la fraction retenue était fixée dans du formol à 10%. La température de l'eau, la salinité, la direction et la vitesse du vent et la transparence de l'eau déterminée avec un disque de Secchi ont été mesurées à chaque jour lors de cette campagne d'échantillonnage.

Une fois au laboratoire, les échantillons étaient transférés dans de l'alcool à 70%. Pour chaque station, les trois ou quatre échantillons les plus volumineux ont été triés au moyen d'une loupe binoculaire. Tous les organismes ont été prélevés, identifiés et comptés, à l'exception des foraminifères. De plus, les nématodes et les acariens, bien qu'ayant été dénombrés, n'ont été inclus dans aucune analyse. Ces trois taxons ont été exclus en raison de la méthodologie de

prélèvement qui n'était pas adéquate pour leur échantillonnage (mailles du tamis de trop grande dimension).

L'identification a été effectuée jusqu'au niveau de la famille, sauf pour les némertes qui ont été identifiés jusqu'au phylum, et pour les mollusques qui ont été identifiés jusqu'à l'espèce. Les documents de référence utilisés pour l'identification sont présentés à l'Annexe E. La biomasse humide de chaque groupe taxinomique a été mesurée avec une précision de ± 0,1 mg sur une balance de précision Mettler H35. Dans le cas des mollusques, la biomasse rapportée correspond au poids de la chair uniquement. Avant la pesée, la coquille des mollusques était digérée dans une solution d'acide chlorhydrique à 3,6% (Livings et Coustalin 1975). Les échinodermes n'ont été inclus dans aucune analyse utilisant la biomasse des invertébrés, ceci afin de ne pas masquer l'information apportée par les autres taxons. En effet, dans les échantillons où l'on retrouvait des échinodermes, ceux-ci représentaient en moyenne plus de 98% de la biomasse totale. Finalement, nous avons classé tous les taxons recensés dans quatre groupes fonctionnels basés sur l'alimentation: les détritivores fouisseurs, les détritivores de surface, les suspensivores (ou filtreurs), et les carnivores (Annexe F), en suivant les classifications établies dans Enequist (1949), Barnes (1974), Gosner (1971), Fauchald et Jumars (1979), et Abbott (1982). La méthodologie complète de l'analyse de la faune benthique est présentée dans Laboratoires SAB inc. (1997).

2.4. Contrôle de la qualité des résultats analytiques

Des procédures de contrôle de la qualité ont été effectuées pour toutes les analyses réalisées dans le cadre de cette étude. Dans tous les cas, au moins un échantillon était analysé en duplicata, il s'agissait de l'échantillon prélevé à la station C1 (réplicat de laboratoire). Les résultats analytiques des réplicats C1-1 et C1-2 ont été combinés en une valeur moyenne qui a été utilisée pour l'interprétation des résultats. Pour les analyses du carbone organique total et des métaux, l'exactitude et la précision des méthodes analytiques ont été évaluées à l'aide de sédiments de référence certifiés contenant des concentrations connues de ces substances (BCSS-1 et MESS-1). Les pourcentages de récupération (pourcentage de différence par rapport à la moyenne) et les coefficients de variation ont été calculés pour chacun des paramètres d'intérêt. Les résultats obtenus avec les sédiments de référence certifiés sont présentés à l'Annexe G. Les

analyses du potentiel d'oxydoréduction, de l'ammoniaque et des sulfures ont été réalisées en triplicata pour tous les échantillons.

Pour les analyses des HAP et des BPC, les systèmes cg/sm et cg/dce étaient calibrés avec des solutions étalons. La quantification a été faite par la méthode d'étalon interne. Les échantillons de sédiments ont été extraits en six groupes. Chaque groupe consistait en dix échantillons de sédiments, un échantillon analysé en duplicata, un échantillon fortifié du laboratoire et un blanc de méthode. De plus, un échantillon de matériau de référence certifié (MRC) a été analysé avec chaque groupe pour un total de trois MRC chacun pour les BPC et les HAP. Les étalons d'analogues (i.e. « surrogate ») ont été ajoutés à chaque échantillon pour vérifier la récupération des analytes. La récupération des MRC et les diagrammes de contrôles sont présentés à l'Annexe G. Les autres résultats et les procédures complètes du contrôle de la qualité apparaissent dans le rapport d'analyse de Novamann présenté à l'Annexe C.

En ce qui à trait aux bioessais de toxicité, les procédures de contrôle de la qualité consistaient à réaliser les tests avec le nombre de répétitions approprié à chaque essai et pour chaque échantillon. Le contrôle de la qualité comprenait également l'utilisation d'une substance toxique de référence (le chlorure de cadmium pour l'amphipode, le sulfate de cuivre pour l'oursin et le sulfate de zinc pour les Microtox^{MC} en phases solide et liquide). Les résultats des essais avec toxique de référence se situaient tous à l'intérieur des limites d'avertissement du diagramme de contrôle (Annexe G). Enfin, des sédiments de contrôle positif (i.e. très contaminé) et négatif (i.e. non contaminé) ont été testés lors de la réalisation du bioessai mesurant l'activité exoenzymatique.

Un contrôle de la qualité du tri des invertébrés a été effectué sur cinq échantillons tirés au hasard. Le pourcentage d'organismes oubliés lors du tri initial était de 3,3% en moyenne (Annexe G).

2.5. Analyses statistiques

2.5.1. Caractérisation physico-chimique, toxicologique et exoenzymatique des sédiments

Deux types d'analyses statistiques ont été appliqués aux données brutes et aux divers résultats dans le but de vérifier les hypothèses de travail. Les résultats de physico-chimie des sédiments, des bioessais et de l'activité exoenzymatique *in situ* des 5 zones définies au plan d'échantillonnage (monticulaire, intermonticulaire, rapprochée, éloignée et de référence) ont d'abord été comparés à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA) suivi du test de comparaisons multiples de Tukey. Cette première étape devait permettre de déterminer l'existence de différences significatives entre ces zones. Au préalable, les conditions d'application de l'ANOVA, soit la normalité des distributions et l'homogénéité des variances étaient vérifiées respectivement à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov et du test de Levene (Wilkinson et Coward 1996a). Lorsque les conditions d'application de l'ANOVA n'étaient pas respectées après trois tentatives de transformations des variables (arcsin, log, racine carrée), les comparaisons entre les zones étaient réalisées avec le test de Kruskal-Wallis suivi d'un test non paramétrique de comparaisons multiples pour échantillons à effectifs inégaux (Dunn 1964; Zar 1996).

Les résultats de physico-chimie des sédiments, à savoir la granulométrie, le COT, les métaux, l'azote ammoniacal dans l'eau interstitielle, le potentiel d'oxydoréduction, les sulfures totaux et la profondeur, ont été comparés entre les cinq zones d'échantillonnage. Par contre, le pourcentage de gravier ainsi que les teneurs en arsenic, béryllium, cadmium, étain, mercure et sélénium n'ont pas été considérées pour des fins de comparaisons inter-zones car, pour ces variables, la majorité des résultats est inférieure à la limite de détection (LD) (i.e., au moins 48 résultats, sur un total de 59, sont inférieurs à la LD).

Pour le Microtox^{MC} en phase liquide et l'essai de fertilisation chez l'oursin, la comparaison entre les 5 zones d'échantillonnage a été réalisée avec les valeurs de la CI_{25}, en raison de la proportion élevée des CI_{50} qui n'ont pu être déterminées. Les CI_{25} non déterminées (c.-à-d. supérieure à 100%) ont été fixées arbitrairement à 100% pour les analyses statistiques.

Pour le bioessai de survie de l'amphipode et le bioessai basé sur l'activité exoenzymatique, aucune comparaison n'a été réalisée étant donné l'absence ou la quasi absence de réponse toxique (Tableau 9).

Par la suite, une régression multiple pas-à-pas progressive ("forward stepwise"; Wilkinson et Coward 1996b) a été utilisée pour identifier les facteurs pouvant expliquer les résultats de l'activité exoenzymatique mesurée *in situ* et des bioessais. Les résultats des analyses physico-chimiques des sédiments (granulométrie, COT, métaux, sulfures totaux, azote ammoniacal, potentiel d'oxydoréduction) étaient introduits comme variables indépendantes dans tous les modèles de régression multiples. Les modèles considéraient également la biomasse moyenne des invertébrés benthiques comme variable indépendante.

Les corrélations élevées existant entre le COT et les teneurs en cobalt, cuivre, nickel, plomb, vanadium et zinc dans les sédiments (r = 0,799 à 0,888) sont de nature à causer des problèmes de multicolinéarité lors des régressions multiples (Scherrer 1984, Zar 1996). Afin d'éviter cette situation, les teneurs de ces métaux ont été ajustées en fonction du pourcentage de COT selon la formule $Y_{aj} = \overline{Y} + d_{Y \bullet X}$, où $\overline{Y}$ représente la teneur moyenne d'un métal donné et $d_{Y \bullet X}$ l'écart entre une observation et la droite de régression établie entre ce métal et le pourcentage de COT (Sokal et Rohlf 1995).

Les proportions de gravier, sable, limon et argile étant fortement corrélées entre elles et avec le pourcentage de COT, une seule valeur de granulométrie, correspondant au diamètre moyen (d_m) des sédiments de chaque échantillon, a été retenue pour les modèles de régression. Cette valeur, a été estimée selon la proportion des différentes classes de taille des sédiments pour chaque échantillon et du diamètre moyen de chacune des classes (van Rijn 1993) à l'aide de la formule suivante :

$$d_m = \sum (p_i d_i) / 100$$

où p_i est le pourcentage du poids de chaque fraction de taille de particule d_i

Les teneurs en HAP, BPC, cadmium, mercure, étain et sélénium n'ont pas été considérées dans les analyses statistiques en raison du nombre limité de stations présentant des concentrations supérieures aux limites de détection ($N \leq 5$).

Des graphiques de probabilités utilisant la distribution normale ("normal probability plot" ; Wilkinson et Coward 1996b) ainsi que l'examen visuel des résidus (Scherrer 1984; Zar 1996) ont servi à vérifier le respect des conditions d'application de la régression multiple : soit la normalité, la linéarité et l'homoscédasticité des résidus (Annexe F). Lorsque les conditions n'étaient pas respectées, les variables étaient transformées. La transformation des variables a permis de répondre aux conditions d'application tout en augmentant la qualité du modèle (modèle plus explicatif et plus significatif). Sauf indication contraire, toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SYSTAT, version 5.03 ou 6.0.1 (SPSS 1996). La Figure 6 résume les analyses statistiques réalisées sur les résultats de physico-chimie, d'activité exoenzymatique *in situ* et de toxicité des sédiments.

Figure 6 **Résumé des analyses statistiques effectuées avec les données de physico-chimie, de l'activité exoenzymatique mesurée *in situ* et les résultats des bioessais de toxicité**

2.5.2. Analyse de la communauté d'invertébrés benthiques

L'analyse des correspondances (AC) a été utilisée pour résumer la structure de la communauté d'invertébrés benthiques et ordonner les échantillons dans l'espace formé par les trois axes principaux de cette analyse. L'AC a été réalisée sur les matrices d'abondance et de biomasse à l'aide du logiciel NTSYS-pc, version 1.30 (Rohlf 1987). Au préalable, les données des deux matrices ont été transformées en logarithmes (log (X+1)). Les taxons rares, c.-à-d. ceux qui ne se retrouvaient que dans un seul échantillon et qui représentaient moins de 5% de l'effectif total de l'échantillon (matrice des abondances), ou moins de 5% de la biomasse totale de l'échantillon (matrice des biomasses), ont été exclus de l'analyse (Annexe I).

Les pointages des échantillons sur chacun des trois axes principaux des AC ont été comparés entre les cinq zones d'échantillonnage à l'aide de l'analyse de variance ou le test de Kruskal-Wallis suivie d'un test de comparaisons multiples.

D'autres analyses ont été utilisées pour tenter d'expliquer si la structure des communautés décrites avec les AC peut être associée à un stress ou à une perturbation. Pour chacun des échantillons nous avons calculé des descripteurs univariés de la communauté benthique: la densité (nombre d'organismes/m^2); la richesse taxinomique; la biomasse totale (g/m^2); l'indice de diversité de Shannon (H'; Zar 1996); et l'indice de régularité de Pielou (J; Legendre et Legendre 1984). Ces deux derniers indices ont été calculés selon les formules:

$$H' = -\sum_{i=1}^{k} p_i \log_2 p_i \qquad \text{et} \qquad J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

où k est le nombre de taxons, p_i la proportion du nombre total d'individus faisant partie du taxon i, et S le nombre total de taxons.

Une valeur élevée de l'indice de diversité de Shannon (> 3) reflète une communauté diversifiée caractéristique d'un milieu favorable à la survie de plusieurs espèces (Wihlm 1970). Au contraire, une faible valeur de l'indice de diversité (< 1) reflète une communauté qui est

généralement indicatrice d'un milieu perturbé. L'indice de régularité est une mesure de la distribution des individus parmi les différents taxons récoltés. Une distribution plus régulière indique une communauté plus stable, qui n'est pas dominée par un taxon en particulier. Ces descripteurs ont été utilisés pour comparer les cinq zones d'échantillonnage entre elles à l'aide de l'analyse de variance ou le test de Kruskal-Wallis suivi d'un test de comparaisons multiples.

Afin d'identifier les facteurs pouvant expliquer la structure de la communauté benthique, nous avons réalisé des régressions multiples pas-à-pas progressives prenant pour variables dépendantes les pointages des échantillons sur les trois premiers axes de l'AC utilisant la matrice des abondances, et pour variables indépendantes les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les sédiments et la profondeur de l'eau aux stations d'échantillonnage. La Figure 7 résume les analyses statistiques effectuées sur les résultats de l'inventaire de la communauté benthique.

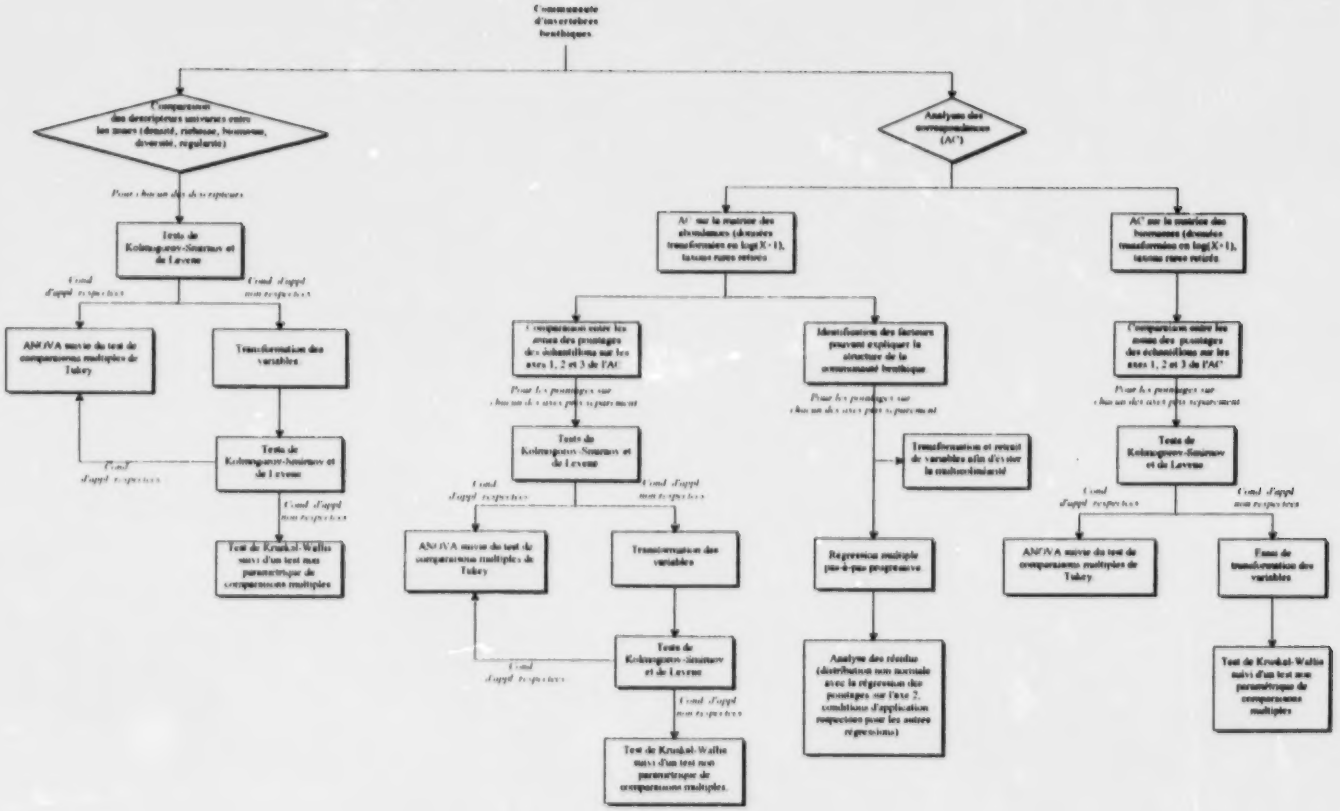


Figure 7 Résumé des analyses statistiques effectuées avec les données de l'inventaire des invertébrés benthiques

3. Résultats et discussion

3.1. Mesures et observations sur le terrain

La profondeur de l'eau aux stations d'échantillonnage variait entre 11,3 et 16,3 m, les plus grandes profondeurs ayant été mesurées aux stations de la zone de référence (Figure 3, Tableau 5 et Annexe K). À l'exception de la direction et la vitesse du vent, les autres paramètres mesurés lors de l'échantillonnage du benthos (i.e. la salinité ainsi que la température et la transparence de l'eau), ont été constants tout au long de la campagne (Annexe J).

3.2. Qualité des sédiments

3.2.1. Physico-chimie des sédiments

Les concentrations en BPC et en HAP étaient inférieures aux limites de détection méthodologiques pour tous les échantillons de sédiments qui, par conséquent, ne présentent aucun signe de contamination par ces substances (Annexe C). Les concentrations en naphtalène variant de 0,1 à 0,4 mg/kg mesurées dans 19 des 59 échantillons analysés ont été rejetées au contrôle de qualité en raison d'une contamination des échantillons survenue au cours de l'analyse en laboratoire (A. Fouquet, comm. pers. [3]).

La présence de cadmium n'a été détectée qu'à la station IM21 de la zone intermonticulaire qui présentait une concentration de 0,43 mg/kg. Cette valeur est inférieure à la concentration maximale acceptable de 0,6 mg/kg prescrite par la réglementation (DORS/89-500 1989) de même qu'à la concentration seuil produisant un effet (CSE) qui est de 0,676 mg/kg en milieu marin (Environment Canada 1995a). Le mercure n'a été détecté dans aucun des échantillons analysés. Les résultats de l'analyse pour l'arsenic, le chrome, le cuivre, le nickel, le plomb et le zinc ont été évalués en regard des critères intérimaires pour la qualité des sédiments proposés par Environnement Canada (Environment Canada 1995a ; Tableau 2). Pour tous ces métaux, seule la

[3] André Fouquet, Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, 105, rue McGill, 8ième étage, Montréal, QC, H2Y 2E7.

concentration en nickel dans les sédiments de la station ZE7 de la zone éloignée dépasse légèrement la CSE (15,9 mg/kg) avec une valeur mesurée de 17,66 mg/kg. Cette valeur est toutefois largement inférieure à la concentration produisant un effet probable (CEP) qui est de 42,8 mg/kg en milieu marin. Les valeurs moyennes de l'analyse physico-chimique des sédiments sont présentées au Tableau 5 et l'ensemble de ces résultats sont détaillés à l'Annexe K. En général, les résultats indiquent que les sédiments de la zone à l'étude ne présentent aucun signe de contamination par ces métaux. Les autres métaux ont été mesurés à titre indicatif et aucun critère de qualité s'y rapportant n'a été défini jusqu'à maintenant pour le milieu marin canadien.

3.2.2. Bioessais de toxicité

En regard des critères de qualité des sédiments, les résultats des bioessais Microtox^{MC} en phase solide et de survie de l'amphipode n'ont démontré aucune toxicité pour tous les échantillons testés. Par contre, avec le bioessai de fertilisation chez l'oursin, tous les échantillons se sont révélés toxiques, à l'exception des échantillons A1b et C1 de la zone monticulaire (Tableau 6). La toxicité observée avec le bioessai de fertilisation chez l'oursin indiquerait une sensibilité élevée de ce bioessai plutôt qu'une véritable toxicité des sédiments pour la faune aquatique. En effet, il est surprenant de constater que l'ensemble des échantillons testés (sauf A1b et C1), y compris ceux provenant de la zone de référence, seraient toxiques selon les critères de succès/échec du Programme d'immersion en mer, alors que les autres bioessais utilisés n'ont pas permis de détecter de toxicité dans aucun des échantillons.

Bien qu'aucun critère ne soit disponible pour le bioessai Microtox^{MC} en phase liquide, celui-ci présentait un résultat similaire à celui obtenu avec le bioessai Microtox^{MC} en phase solide, i.e. une toxicité moins élevée dans la zone monticulaire que dans les autres zones (Tableau 9). De même, il n'existe aucun critère de qualité des sédiments pour le bioessai basé l'activité exoenzymatique. Cependant, seul le sédiment de contrôle positif (B-Ang) peut être considéré toxique. En effet, les connaissances actuelles sur ce bioessai indiquent qu'une CI_{25} supérieure à 50% devrait être considérée comme n'étant pas significativement différente d'une toxicité nulle (C. Bélanger, comm. pers.[4] ; Tableau 9).

---

[4] Christian Bélanger, Biogénie inc., 350, Franquet, Québec, QC, G1P 4P3

Tableau 5 Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des sédiments

Station	Profondeur (m) [A, B]	Granulométrie (%)					COT [C] (%)	Métaux (mg/kg) [H]														
		d_m (mm)	Gravier (≥2 mm)	Sable (≥0,063 à <2 mm)	Limon (≥0,004 à <0,063 mm)	Argile (<0,004 mm)		As	Be	Cd	Cr	Co [B]	Cu [D]	Sn	Ni	Pb	Se	V	Zn	Azote ammoniacal (mg/L)	Pot. rédox [D] (mV)	Sulfures (mg/kg)
Zone monticulaire																						
Moyenne	11,8	0,95	0,1	92,0	2,0	5,9	0,18	nd [E]	0,49	nd	9,89	2,98	3,19	- [F]	9,58	1,68	3,30	10,33	12,20	32,5	-45	50,0
écart type	0,3	0,02	0,4	1,8	0,9	1,7	0,05		0,18		1,02	0,25	0,69		0,94	0,41	0,14	1,05	1,56	8,0	134,4	33,16
	a	a		a	a	a	a				a	a	a			a		a	a	a	a	a
Zone intermonticulaire																						
Moyenne	12,7	0,91	0,4	87,7	4,7	7,3	0,30	2,42	0,14	-	11,59	3,86	4,45	-	12,19	2,78	6,19	12,79	17,73	35,1	-233	71,61
écart type	0,4	0,04	1,1	3,2	1,7	2,9	0,08	0,04	0,07		1,40	0,49	0,94		1,53	0,62	3,24	1,96	3,03	5,1	42	30,37
	ab	b		b	b	a	ab				b	b	b		b	b		b	b	a	b	a
Zone rapprochée																						
Moyenne	12,8	0,89	0,0	86,5	5,7	7,8	0,34	2,29	-	nd	12,28	4,06	4,56	-	12,96	3,08	nd	13,69	19,05	34,9	-121	55,87
écart type	0,5	0,03	0,0	2,4	1,0	2,0	0,04	0,28			1,68	0,29	0,42		0,84	0,45		1,68	1,67	4,2	110	3,18
	ab	b		b	b	a	b				b	b	b		b	b		b	b	a	ab	a
Zone éloignée																						
Moyenne	12,7	0,89	0,0	86,0	5,5	8,5	0,39	2,96	0,14	nd	12,45	4,16	4,88	nd	13,14	3,10	nd	14,62	19,50	33,7	-197	73,15
écart type	1,2	0,05	0,0	5,3	1,9	3,6	0,24	0,60	0,13		1,96	0,65	1,52		1,77	1,18		2,86	4,44	7,4	21	22,51
	ab	b		b	b	a	b				b	b	b		b	b		b	b	a	ab	a
Zone de référence																						
Moyenne	15,9	0,91	0,0	87,7	5,6	6,7	0,35	nd	0,42	nd	11,11	4,11	4,53	nd	12,48	3,20	nd	14,43	18,72	32,9	-222	66,91
écart type	0,5	0,02	0,0	2,4	1,4	2,6	0,04		0,19		0,82	0,11	0,36		0,44	0,60		0,88	0,93	6,9	26	9,09
	b	b		b	b	a	b				ab	b	b		b	b		b	b	a	b	a
Puissance du test [G]	95 %	100 %		100 %	100 %	40 %	94 %				99 %	95 %	100 %		100 %	100 %		100 %	100 %	< 30 %	50 %	< 30 %

[A] Dans une même colonne, les valeurs moyennes montrant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaisons multiples de Tukey ($p > 0,05$).

[B] Le test de comparaisons multiples non paramétrique de Dunn (basé sur le test de Tukey) a été effectué sur les variables Profondeur et Co puisqu'elles présentent des variances non homogènes malgré les essais de transformation des données (arcsin, log, racine carrée et x^2).

[C] Le test de comparaisons multiples de Tukey a été effectué sur la variable COT transformée en arcsin.

[D] Le test de comparaison multiples de Tukey a été effectué sur les variables Cu et Potentiel d'oxydoréduction transformées en racine carrée.

[E] nd = non détecté.

[F] L'absence de valeur indique qu'une seule concentration de la substance a été détectée ce qui ne permet pas de calculer une valeur moyenne.

[G] La puissance d'un test correspond à la probabilité de déclarer différentes des moyennes qui sont effectivement différentes.

[H] Le mercure n'a été détecté dans aucun des échantillon analysés.

Tableau 6 **Résultats des bioessais Microtox^{MC} en phase solide, de fertilisation chez l'oursin et de survie de l'amphipode utilisés pour comparaison avec les critères de qualité des sédiments**

Zone	Station	Microtox^{MC} phase solide CI_{50} (mg séd. sec/L) (intervalle de confiance à 95%)		Oursin % de fertilisation moyen ± écart type (n = 4)			Amphipode
				Eau interstitielle non diluée		Eau de contrôle	% de survie moyen dans le sédiment entier ± écart type (n=5)
Monticulaire	A1a	27920	(23135 - 33771)	19 ± 3	* [A]	77 ± 6	99 ± 2
	A1b	10703	(6784 - 17078)	81 ± 7		86 ± 5	94 ± 4
	A1c	22075	(14381 - 34009)	16 ± 13	*	88 ± 6	98 ± 3
	A2	28193	(21244 - 37624)	4 ± 3	*	76 ± 7	99 ± 2
	A4	36002	(21507 - 61988)	33 ± 3	*	74 ± 11	96 ± 4
	A6	17537	(13078 - 23574)	45 ± 17	*	75 ± 5	99 ± 2
	B1	19753	(13435 - 29051)	13 ± 6	*	79 ± 12	99 ± 2
	C1 [B]	26565	(19496 - 36427)	61 ± 25		78 ± 6	97 ± 6
Intermonticulaire	D1	13548	(10673 - 17137)	5 ± 3	*	74 ± 11	94 ± 5
	D4	12506	(9932 - 15792)	25 ± 10	*	77 ± 2	96 ± 4
	D5	6073	(4540 - 8102)	14 ± 4	*	61 ± 4	97 ± 3
	D7	13526	(11362 - 16072)	9 ± 5	*	72 ± 10	89 ± 7
Rapprochée	ZR3	12567	(9298 - 17015)	10 ± 4	*	79 ± 7	92 ± 9
	ZR5	5251	(3802 - 7242)	10 ± 1	*	85 ± 2	94 ± 8
	ZR8	4691	(3245 - 6745)	13 ± 4	*	76 ± 3	88 ± 13
Éloignée	ZE3	8566	(5264 - 13916)	3 ± 2	*	82 ± 3	81 ± 13
	ZE5	5688	(3731 - 8659)	7 ± 6	*	73 ± 4	94 ± 7
	ZE8	6352	(4672 - 8633)	7 ± 2	*	78 ± 15	97 ± 5
Référence	REF1a	5883	(4047 - 8511)	38 ± 3	*	85 ± 3	97 ± 5
	REF1b	13714	(10575 - 17788)	3 ± 7	*	81 ± 7	96 ± 4
	REF1c	10070	(6959 - 14579)	13 ± 4	*	77 ± 1	95 ± 4
	REF3	8409	(5502 - 12538)	3 ± 7	*	76 ± 9	98 ± 3
	REF5	9593	(7071 - 13014)	8 ± 1	*	80 ± 3	94 ± 4
Sédiment de contrôle							100 ± 0 98 ± 5

A * = Pourcentage de fertilisation au moins 25% inférieur et significativement différent de celui mesuré pour l'eau de contrôle ($p < 0,05$).

B Pour cet échantillon qui comprend un duplicata de laboratoire, la CI50 et l'intervalle de confiance du bioessai Microtox^{MC} sont des valeurs moyennes ; n = 8 et 10 respectivement pour les bioessais de fertilisation chez l'oursin et de survie de l'amphipode.

La sensibilité relative des bioessais utilisés, déterminée selon les critères actuels de succès/échec utilisés par le Programme d'immersion en mer, est la suivante (en ordre décroissant de sensibilité): bioessai de fertilisation chez l'oursin > bioessai Microtox^{MC} en phase solide = bioessai de survie de l'amphipode. La sensibilité élevée observée ici pour le bioessai de fertilisation chez l'oursin confirme les résultats obtenus par Porebski *et al.* (1997), où le bioessai de fertilisation chez l'oursin était celui qui présentait la plus grande sensibilité parmi une batterie de bioessais visant à évaluer la toxicité de sédiments marins.

Nos recommandations quant aux critères de succès/échec pour les bioessais de toxicité, ainsi que celles portant sur les bioessais à privilégier lors des suivis futurs, sont présentées à la section 4.

3.3. Comparaison des paramètres physico-chimiques entre les zones

La zone monticulaire présente des différences significatives pour la plupart des paramètres physico-chimiques mesurés lors de cette étude. En effet, seule la proportion d'argile et les teneurs en azote ammoniacal et en sulfures n'était pas significativement différentes pour l'ensemble des zones. Globalement, le substrat de la zone monticulaire est constitué de sable plus grossier dont la teneur en COT et en métaux (Cr, Co, Cu, Ni, Pb, V, Zn) est moins élevée que dans le reste du secteur à l'étude (Tableau 5). Il est important de mentionner que les teneurs en métaux mesurées dans les zones étudiées sont, dans l'ensemble, comparables aux niveaux normalement observés dans les substrats sablonneux du plateau madelinien dans le golfe du Saint-Laurent (Loring 1978 ; Loring 1979). Les pourcentages de carbone organique mesurés dans les zones étudiées (0,12 % à 1,03 %) sont également représentatifs des teneurs observées dans le même secteur (Loring et Nota 1973).

Des corrélations très fortes ont été observées entre la proportion de particules fines (< 0,063 mm) et les teneurs en COT et en métaux dans les sédiments (Figure 8). De façon générale, plus la taille des particules de sédiments diminue plus la concentration en contaminant organiques, en métaux et en carbone organique augmentent (Loring et Rantala 1992 ; Lamberson *et al.* 1992). Lamberson *et al.* (1992) attribuent ce phénomène au plus grand rapport surface/volume des sédiments fins qui augmentent la surface d'adsorption ainsi qu'à la plus grande capacité des particules fines à s'ioniser. Les différences de teneurs en métaux et en COT

observées dans la zone d'étude semblent donc être expliquées en grande partie par l'effet de la granulométrie plutôt que par une contamination ou un apport anthropique.

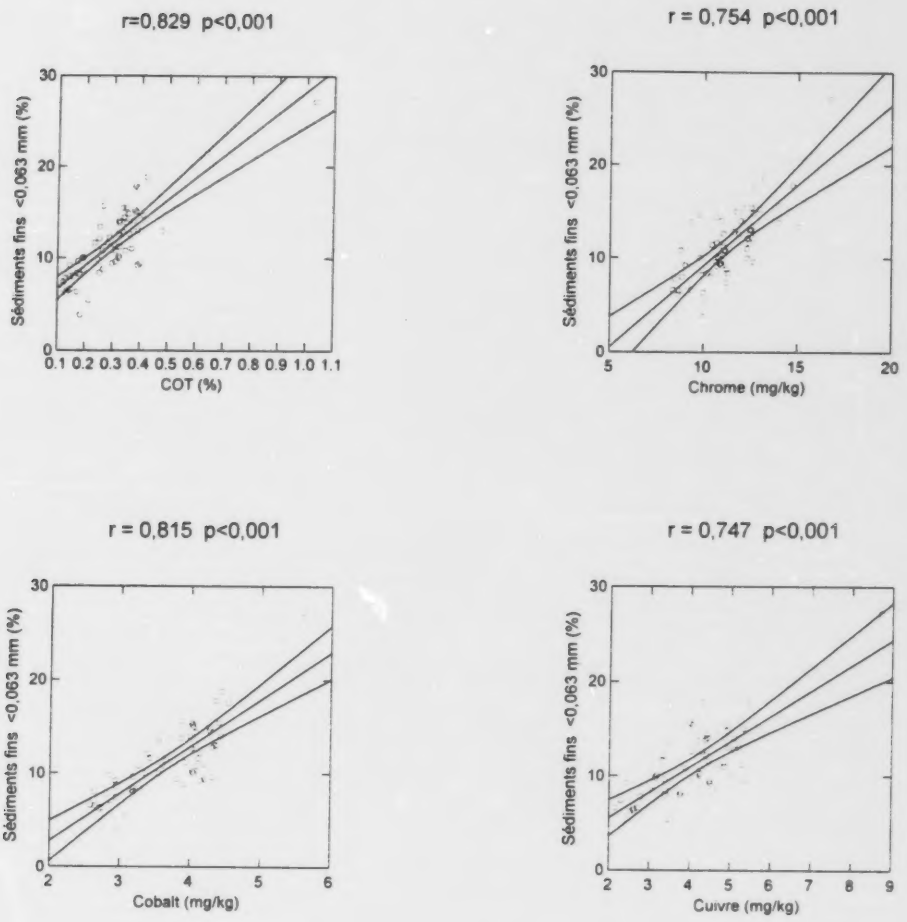


Figure 8 **Régression linéaire et intervalle de confiance entre le pourcentage de particules fines et la teneur en COT et en métaux**

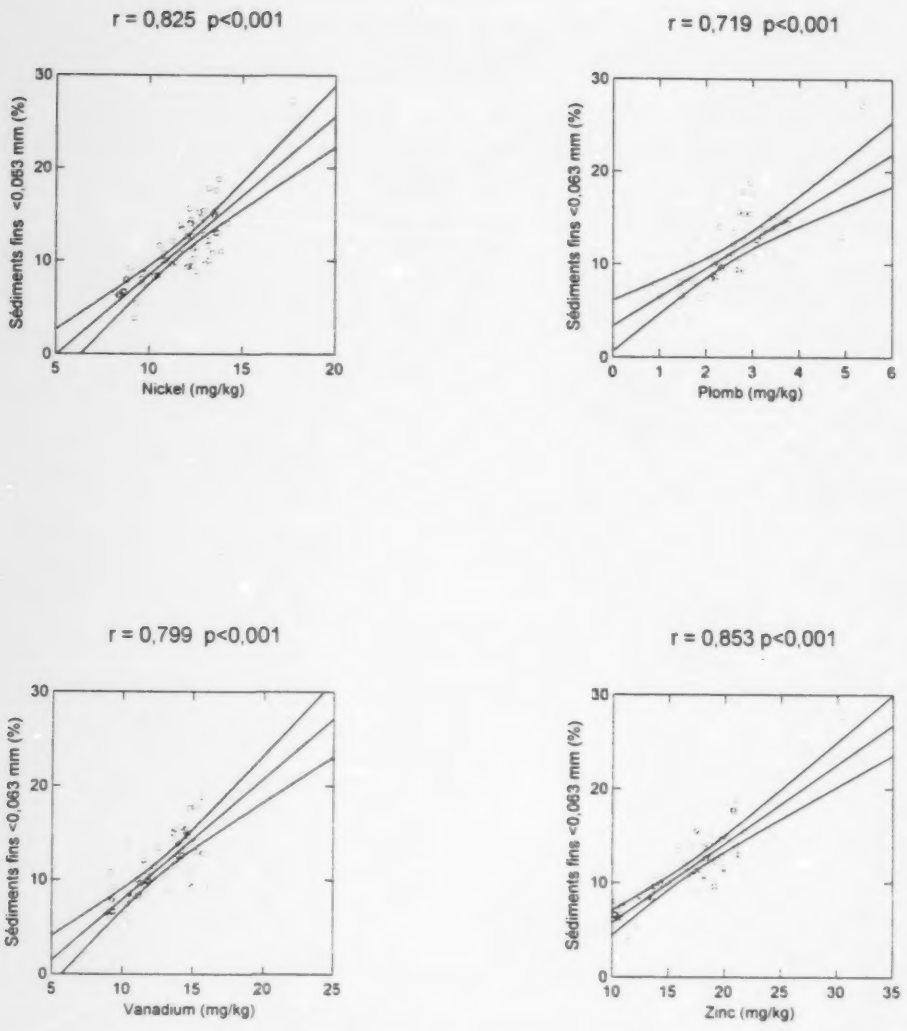


Figure 8 (suite) **Régression linéaire et intervalle de confiance entre le pourcentage de particules fines et la teneur en COT et en métaux**

3.4. Activité exoenzymatique mesurée *in situ*

L'activité exoenzymatique mesurée *in situ* était significativement plus faible dans la zone monticulaire que dans les autres zones, ces dernières ne montrant pas de différences significatives entre elles (Tableau 7). L'activité exoenzymatique ne montrait pas de relation significative avec les différents paramètres physico-chimiques lorsque considérés dans des modèles de régression multiples. Toutefois, les résultats de l'activité exoenzymatique présentent une forte corrélation avec la quantité de limon et la teneur en COT (Tableau 8). Ce résultat s'accorde avec celui d'études précédentes où l'on a observé qu'une augmentation de la taille des particules entraînait une diminution de l'activité exoenzymatique (Bélanger *et al.* 1996). La proportion de limon et la teneur en COT, cette dernière étant une indication de la quantité de matière organique, étaient à leurs plus bas niveaux dans la zone monticulaire (Tableau 5), ce qui pourrait expliquer la réduction de l'activité exoenzymatique observée dans cette zone.

3.5. Comparaison des résultats des bioessais entre les zones et facteurs pouvant expliquer la toxicité

À l'exception du bioessai de survie de l'amphipode et du biotest basé sur l'activité exoenzymatique, les bioessais ont montré une réponse toxique moyenne plus faible dans la zone monticulaire que dans toutes les autres zones, ces différences n'étant cependant pas toutes statistiquement significatives (Tableau 9). Les bioessais Microtox^{MC} en phase solide et de fertilisation chez l'oursin présentaient une toxicité significativement plus faible dans la zone monticulaire que dans toutes les autres zones ($p < 0,05$), ces dernières ne présentant pas de différences significatives entre elles (Tableau 9). Avec le bioessai Microtox^{MC} en phase liquide, la zone monticulaire montrait une réponse toxique significativement plus faible que les zones intermonticulaire et de référence, les différences entre les autres zones n'étant pas significatives.

En raison du faible nombre de CI_{25} ayant pu être déterminés (Tableau 9), le bioessai d'activité exoenzymatique n'a fait l'objet d'aucune analyse statistique. Pour les bioessais Microtox^{MC} en phases solide et liquide et de fertilisation chez l'oursin, le pourcentage de COT dans les sédiments est la variable ayant la plus forte contribution relative aux modèles de

régression multiple, c'est-à-dire celle ayant le R^2 partiel le plus élevé (Tableau 10). Cette variable est donc celle qui semble expliquer le mieux la réponse toxique observée. Une telle relation entre la teneur en COT et la toxicité des sédiments a déjà été rapportée par Sims (1996).

De plus, pour les bioessais Microtox^{MC} en phase liquide et de fertilisation chez l'oursin, la teneur en azote ammoniacal dans l'eau interstitielle contribue significativement à l'explication de la réponse toxique observée. Les contributions combinées du COT et de l'azote ammoniacal permettent d'expliquer plus de 75% de la variation de la CI_{25} de ces deux bioessais (Tableau 10).

Dans le cas de l'essai Microtox^{MC} en phase liquide, les concentrations d'azote ammoniacal mesurées dans les échantillons étaient bien inférieures à la CI_{50} de l'azote ammoniacal total rapporté par le laboratoire du *Environmental Science Centre* d'Environnement Canada à Moncton (CI_{50} azote ammoniacal total > 2500 mg/L ; Ken Doe, comm. pers. [5]). Également, l'étendue de toutes les concentrations observées pour l'azote ammoniacal dans l'eau interstitielle va de 25,2 à 48,9 mg par litre. Ces teneurs se situent dans l'intervalle entre la CSEO (Concentration Sans Effet Observé) et la CMEO (Concentration Minimale avec Effet Observé) pour l'essai de fertilisation de l'oursin de mer, soit entre 26,1 et 83,8 mg/L, tel que déterminé par le laboratoire du *Environmental Science Centre*. Étant donné ce fait, et puisqu'il n'y a aucune différence significative de la teneur en azote ammoniacal entre les zones, les résultats obtenus ne peuvent démontrer l'influence de ce facteur sur la toxicité chez l'oursin.

Par ailleurs, une analyse de puissance effectuée sur les résultats de l'ANOVA sur les concentrations en ammoniaque (Tableau 5) montre que les effectifs (n=22) ne sont pas assez élevés pour permettre de détecter une différence de concentrations entre les zones. Donc, l'influence de l'azote ammoniacal sur les résultats des bioessais ne peut pas être démontrée.

Dans le cas du test Microtox^{MC} phase solide, l'effet de la proportion de sédiments fins ne s'est pas démarqué dans les modèles de régressions malgré que la littérature met en évidence une relation positive entre la taille des particules et les résultats du test Microtox^{MC} en phase solide (Benton *et al.* 1995 ; Ringwood *et al.* 1997).

Les effets significatifs des substances naturels comme l'ammoniaque et les sulfures sont d'une importance cruciale pour l'interprétation des résultats des bioessais (Tay *et al.* 1997). La

---

[5] Ken Doe, Environment Canada, Environmental Science Centre, P.O. Box 23005, Moncton, N.B., E1A 6S8.

teneur en COT dans les sédiments qui est fortement corrélée à celle d'autres substances (comme les sulfures), au potentiel d'oxydoréduction et à la taille des particules, a une influence sur la biodisponibilité de substances ayant des effets plus ou moins nocifs sur la faune du milieu marin (Chapman *et al.* 1992). Aussi, on constate que ces variables sont corrélées entre elles et avec les résultats des bioessais, ce qui pourrait expliquer les réponses toxiques observées et en partie les variations de toxicité entre les zones. La nature anoxique des sédiments et la plus grande teneur de matières organiques (dans les zones extérieures à la zone monticulaire) pourraient être partiellement responsable de la variation des réponses toxiques mesurées (Tay *et al.* 1997).

Tableau 7 Activité exoenzymatique (nmol·g^{-1}·h^{-1}) mesurée *in situ*

Zone monticulaire		Zone intermonticulaire		Zone rapprochée		Zone éloignée		Zone de référence	
A1A	5,68 ± 0,3 [A]	D1	7,27 ± 0,39	ZR1	13,83 ± 0,26	ZE1	7,41 ± 0,76	REF1A	17,39 ± 1,44
A1B	15,71 ± 0,59	D2	10,63 ± 0,24	ZR2	19,99 ± 0,70	ZE2	16,11 ± 0,94	REF1B	18,53 ± 1,96
A1C	7,59 ± 0,27	D3	20,21 ± 3,62	ZR3	13,67 ± 0,46	ZE3	17,85 ± 0,03	REF1C	17,10 ± 0,59
A2	4,57 ± 0,09	D4	23,97 ± 3,29	ZR4	33,55 ± 0,77	ZE4	20,63 ± 3,52	REF1D	13,77 ± 0,21
A3	19,49 ± 1,52	D5	17,03 ± 2,43	ZR5	15,33 ± 0,45	ZE5	20,16 ± 0,74	REF1E	18,50 ± 1,70
A4	12,87 ± 1,26	D6	9,17 ± 0,65	ZR6	13,79 ± 0,19	ZE6	25,27 ± 4,23	REF2	21,23 ± 2,35
A5	4,16 ± 0,61	D7	15,39 ± 1,00	ZR7	9,31 ± 0,93	ZE7	7,28 ± 0,32	REF3	11,58 ± 3,29
A6	4,50 ± 0,07	D8	19,88 ± 0,60	ZR8	11,00 ± 0,04	ZE8	11,01 ± 0,24	REF4	12,40 ± 1,37
A7	12,78 ± 1,89			ZR9	15,27 ± 1,43	ZE9	8,88 ± 0,97	REF5	18,52 ± 0,64
A8	2,50 ± 0,20			ZR10	12,11 ± 0,18	ZE10	16,43 ± 1,52	REF6	19,06 ± 4,49
B1	10,50 ± 0,52								
B2	1,27 ± 0,02								
B3	7,19 ± 0,77								
B4	11,47 ± 0,54								
B5	7,73 ± 0,49								
B6	13,84 ± 1,76								
B7	7,58 ± 0,41								
C1	8,49 ± 0,16								
Moyenne ± écart type	**8,77 ± 4,86**		**15,44 ± 5,94**		**15,78 ± 6,87**		**15,10 ± 6,20**		**16,81 ± 3,16**
	a [B]		**b**		**b**		**b**		**b**

A Les valeurs moyennes ± l'écart type sont calculées avec 2 ou 3 échantillons.

B Les valeurs moyennes des zones ayant des lettres identiques ne sont pas significativement différentes selon le test de Tukey ($p > 0,05$; la puissance du test = 88).

Tableau 8 **Corrélation entre la réponse de l'activité exoenzymatique mesurée *in situ* et les paramètres physico-chimiques**

Paramètre	Coefficient de corrélation de Pearson	Effectif (n)	Probabilité (*p*)
Profondeur	0,541	23	0,008
Sable	-0,232	54	0,091
Limon *	0,607	54	0,002
Argile	0,114	54	0,605
COT *	0,603	54	0,002
As	0,097	54	0,658
Be	0,090	54	0,682
Cr	0,457	54	0,028
Co	0,549	54	0,007
Cu	0,427	54	0,042
Sn	0,045	54	0,744
Ni	0,509	54	0,013
Pb	0,446	54	0,033
Se	-0,191	54	0,167
V	0,390	54	0,066
Zn	0,401	54	0,058
Azote ammoniacal	-0,256	23	0,238
Potentiel Redox	-0.423	23	0,044
Sulfures	0,115	23	0,601

Tableau 9 Résultats des 5 bioessais de toxicité

Zone [B]	Échantillon	Microtox[MC] phase solide CI_{25} (mg séd. sec/L)	Microtox[MC] phase liquide CI_{25} moyenne (I.C. à 95%) [A] (%v/v ; *N* = 1 ou 2)	Oursin CI_{25} (I.C. à 95%) [A] (%v/v)	Amphipode % de survie moyen ± é. t.	Act. exo. CI_{25} (% p/p) [F]
MONTICULAIRE	A1A	12609	68,3 (49,8 - 105,7)	42,7 (28,8 - 54,0)	99 ± 2	>100 (nd) [E]
	A1B	5225	25,9 (21,6 - 31,2)	>100,0 (nd)	94 ± 4	>100 (nd)
	A1C	8964	39,6 (25,5 - 64,7)	41,6 (32,7 - 50,3)	98 ± 3	>100 (nd)
	A2	12756	12,2 (9,2 - 16,2)	47,1 (39,4 - 52,3)	99 ± 2	60
	A4	18884	56,0 (41,3 - 82,8)	61,6 (50,9 - 65,5)	96 ± 4	>100 (nd)
	A6	7904	1,4 (1,2 - 1,8)	15,9 (1,1 - 30,7)	99 ± 2	>100 (nd)
	B1	8174	52,0 (34,8 - 89,6)	40,5 (26,0 - 53,5)	99 ± 2	97
	C1	8019 [G]	46,3 (29,8 - 120,1)	73,6 (nd)	96 ± 6	>100 (nd) [G]
Moyenne ± écart type →		**10317 ± 4277 a**	**37,7 ± 23 a**	**52,9 ± 25,4 a**	**98 ± 2 a**	-
INTERMONTICULAIRE	D1	6660	3,4 (2,8 - 4,2)	12,6 (10,0 - 16,5)	94 ± 5	91
	D4	5320	1,0 (0,7 - 1,5)	5,6 (4,9 - 6,4)	96 ± 4	>100 (nd)
	D5	2475	1,7 (1,3 - 2,3)	3,6 (3,0 - 4,1)	97 ± 3	67
	D7	5995	17,3 (16,1 - 18,6)	4,9 (4,0 - 6,5)	89 ± 7	>100 (nd)
Moyenne ± écart type →		**5113 ± 1841 ab**	**5,9 ± 7,7 b**	**6,7 ± 4,0 b**	**94 ± 4 ab**	-
RAPPROCHÉE	ZR3	6245	12,4 (10,4 - 14,9)	13,9 (3,3 - 21,2)	92 ± 9	96
	ZR5	1972	2,3 (1,6 - 3,1)	4,5 (3,5 - 5,7)	94 ± 8	>100 (nd)
	ZR8	1663	13,7 (10,5 - 17,8)	7,9 (4,1 - 14,9)	88 ± 13	>100 (nd)
Moyenne ± écart type →		**3293 ± 2561 b**	**9,5 ± 6,2 ab**	**8,8 ± 4,8 b**	**91 ± 3 b**	-
ÉLOIGNÉE	ZE3	3441	6,1 (4,9 - 7,4)	3,7 (2,6 - 5,2)	81 ± 13	>100 (nd)
	ZE5	2045	24,3 (20,5 - 28,8)	3,8 (3,5 - 4,2)	94 ± 7	85
	ZE8	2505	1,4 (1,0 - 2,0)	4,0 (2,8 - 5,6)	97 ± 5	>100 (nd)
Moyenne ± écart type →		**2664 ± 711 b**	**10,6 ± 12,1 ab**	**3,8 ± 0,2 b**	**91 ± 9 ab**	-

Zone [B]	Échantillon	Microtox^{MC} phase solide CI_{25} (mg séd. sec/L)	Microtox^{MC} phase liquide CI_{25} moyenne (I.C. à 95%) [A] (%v/v ; N = 1 ou 2)	Oursin CI_{25} (I.C. à 95%) [A] (%v/v)	Amphipode % de survie moyen ± é. t.	Act. exo. CI_{25} (% p/p) [F]
RÉFÉRENCE	REF1A	2297	2,2 (1,2 - 3,6)	5,9 (4,7 - 7,2)	97 ± 5	>100 (nd)
	REF1B	6273	1,6 (1,2 - 2,0)	3,3 (3,2 - 3,6)	96 ± 4	>100 (nd)
	REF1C	4140	6,1 (4,7 - 7,9)	9,7 (9,3 - 10,2)	95 ± 4	>100 (nd)
	REF3	3953	3,7 (2,5 - 5,6)	4,7 (3,7 - 6,0)	98 ± 3	84
	REF5	4188	13,8 (10,7 - 17,8)	16,0 (13,8 - 17,8)	94 ± 4	>100 (nd)
Moyenne ± écart type →		**4170 ± 1412 b**	**5,5 ± 5,0 b**	**7,9 ± 5,1 b**	**96 ± 2 ab**	-
Puissance du test statistique		88 %	80 %	99 %	65 %	-
Contrôle positif [C]	B-Ang					10
Contrôle négatif [D]	Rim					>100 (nd)

A L'intervalle de confiance à 95% est présenté entre parenthèses (pour les bioessais Microtox^{MC} il s'agit de l'intervalle de confiance moyen)

B Dans une même colonne, les zones avec des lettres identiques ne présentaient pas de différences significatives selon le test de Tukey ($p > 0,05$). Dans le cas des bioessais Microtox^{MC} phase liquide, oursin et amphipode, le test de Tukey a été effectué sur les résultats transformées en arcsin.

C Sédiment prélevé dans la Baie-des-Anglais au large de Baie-Comeau (Québec), considéré comme étant contaminé.

D Sédiment prélevé au large de Rimouski (Québec), considéré comme n'étant pas contaminé.

E nd = non déterminé.

F % de poids sec.

G Ce résultat est celui de l'échantillon C1-1.

Tableau 10 Modèles de régression multiple expliquant les résultats des bioessais et les pointages des échantillons sur les axes de l'AC utilisant la matrice des abondances

Modèle	*p*	E.T.	R^2 partiel [A]	R^2 total [B]
CI_{25} (mg sec/L) du bioessai Microtox[MC] en phase solide (transformée par $\log_{10}(X)$) =	<0,0001			0,723
+ 4,4217 [C]	<0,0001	0,0879		
- 2,3286 COT (%)	<0,0001	0,3145	0,723	
CI_{25} (%v/v) du bioessai Microtox[MC] en phase liquide (transformée par arcsinus $\bullet \sqrt{p}$) =	<0,0001			0,780
+ 1,5488 [C]	<0,0001	0,1618		
- 1,7461 COT (%)	<0,0001	0,2659	0,522	
- 0,0197 azote ammoniacal (mg/L)	0,0003	0,0045	0,258	
CI_{25} (%v/v) du bioessai de fertilisation chez l'oursin =	<0,0001			0,775
+ 123,8192 [C]	<0,0001	16,3657		
- 198,3532 COT (%)	<0,0001	26,9031	0,651	
- 1,2939 azote ammoniacal (mg/L)	0,0095	0,4507	0,124	
% de survie de l'amphipode (transformé par arcsinus $\bullet \sqrt{p}$) =	0,0027			0,447
+ 1,6752 [C]	<0,0001	0,0964		
- 0,0381 chrome (mg/kg séd. sec)	0,0008	0,0097	0,382	
Pointage des échantillons sur l'axe principal de l'AC =	<0,0001			0,642
- 0,9605 [C]	<0,0001	0,1379		
+ 1,9262 COT (%)	<0,0001	0,2200	0,534	
+ 0,0108 azote ammoniacal (mg/L)	0,0045	0,0036	0,063	
+ 0,4426 béryllium (mg/kg séd. sec)	0,0216	0,1871	0,045	
Pointage des échantillons sur le deuxième axe de l'AC [D] =	<0,0001			0,507
+ 1,5963 [C]	<0,0001	0,2097		
- 0,1227 profondeur	<0,0001	0,0160	0,507	

A Calculé en multipliant le coefficient de régression centré et réduit par le coefficient de corrélation entre la variable dépendante (résultat de bioessai transformé ou non) et la variable indépendante (paramètre physico-chimique) (Scherrer 1984, Lacasse et Magnan 1992).

B R^2 total représente la proportion de la variabilité de la variable dépendante attribuable au modèle de régression. Le R^2 partiel représente la contribution de la variable indépendante au modèle.

C Cette valeur correspond à l'ordonnée à l'origine de l'équation de régression.

D Ce modèle de régression multiple a été calculé à partir des données non transformées. Les transformations usuelles n'ont pas permis d'améliorer la distribution non normale des pointages sur l'axe 2.

3.6. Analyse de la communauté d'invertébrés benthiques

3.6.1. Composition générale des communautés

La communauté benthique dans l'ensemble de la zone d'étude est dominée par les polychètes suivis, en ordre décroissant, des mollusques, des crustacés et des autres invertébrés (cnidaires, némertes et échinodermes ; Figure 9). Malgré une certaine variation de la proportion relative de ces principaux groupes taxinomiques entre les zones d'échantillonnage, on n'observe aucun gradient permettant de distinguer les zones potentiellement perturbées (zones monticulaire et intermonticulaire) des autres zones. La zone monticulaire se démarque par une proportion plus faible de crustacés principalement expliquée par l'absence presque complète des taxons suspensivores de ce groupe taxinomique (Figure 9). La diminution de ces organismes pourrait avoir été causée par l'enfouissement dû à l'immersion des sédiments de dragage ou par les autres facteurs pouvant nuire aux organismes filtreurs dans la zone monticulaire (voir section 3.6.4).

En terme de biomasse, les polychètes représentent le groupe taxinomique le plus important. La zone monticulaire se différencie avec une biomasse relative plus petite de polychètes et plus grande de mollusques (Figure 10). Les gastéropodes *Ilyanassa trivitata* y sont deux fois plus gros que dans les autres zones (Annexe L et Annexe P). Ce nécrophage très actif (Abbott 1982) pourrait avoir été attiré par les cadavres d'organismes enfouis par les déblais de dragage. Les gros gastéropodes occuperaient le secteur contenant probablement le plus de nourriture.

Les données brutes d'abondance et de biomasse sont présentées à l'Annexe L et l'Annexe P. De façon générale, la communauté benthique échantillonnée dans le secteur du lieu d'immersion se compare bien à la faune benthique observée dans les milieux ouverts avoisinants les Îles de la Madeleine dans la même gamme de profondeurs (Elouard *et al.* 1983).

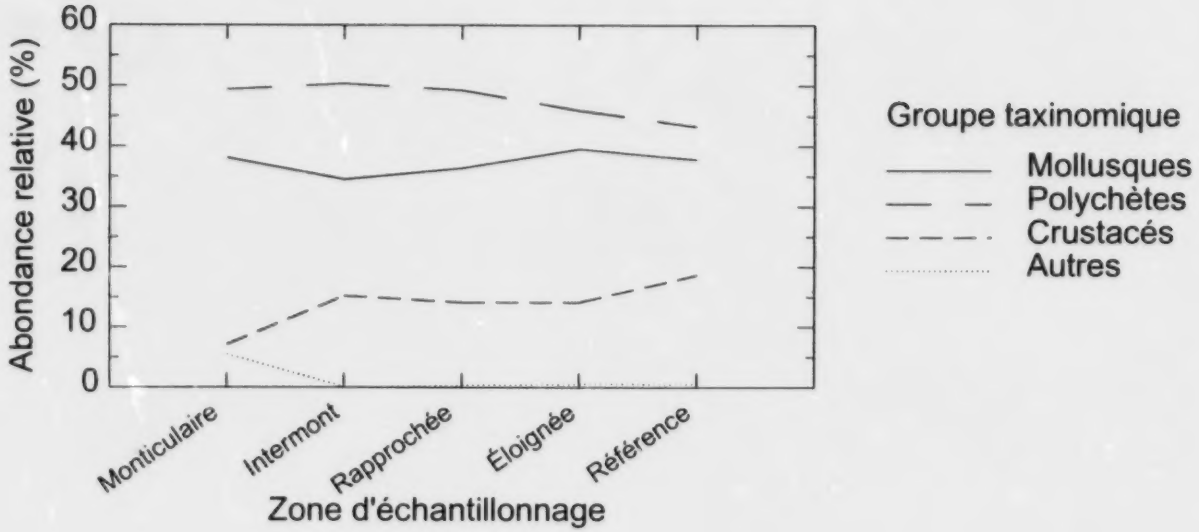


Figure 9 **Abondance relative des grands groupes taxinomiques d'invertébrés dans les cinq zones d'échantillonnage**

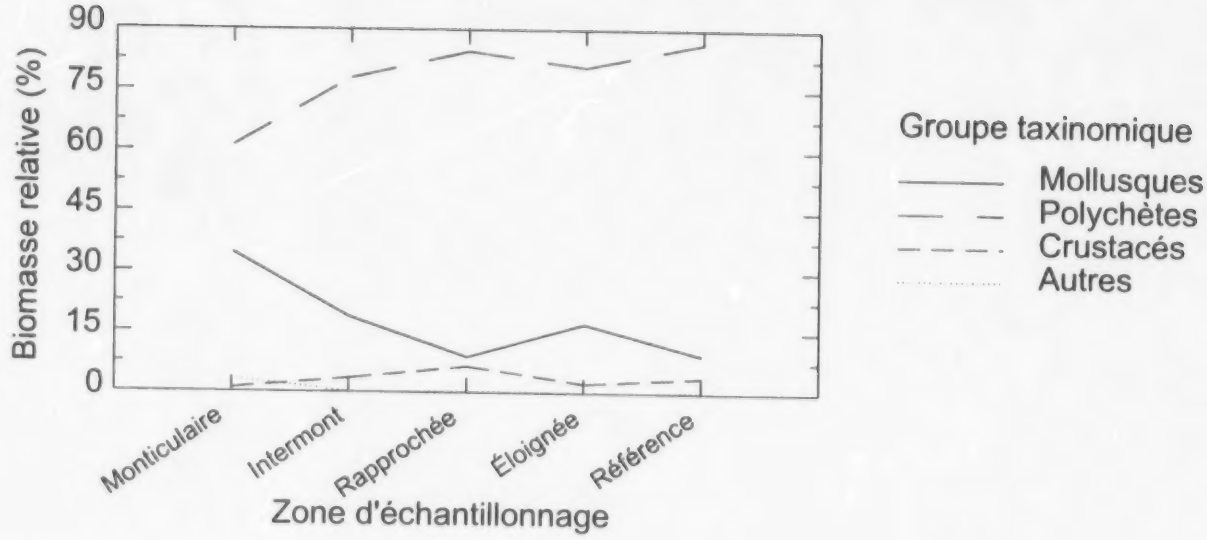


Figure 10 **Biomasse relative des grands groupes taxinomiques d'invertébrés dans les cinq zones d'échantillonnage**

3.6.2. Analyses multivariées

De façon plus précise, l'analyse des correspondances (AC) permet de mettre en évidence des différences significatives dans la structure des communautés benthiques des zones d'échantillonnage. Tout d'abord, l'AC utilisant la matrice des abondances met en évidence une ségrégation entre les échantillons de la zone monticulaire, les échantillons de la zone de référence, et la majorité des échantillons des autres zones (Figure 11). La portion négative de l'axe principal distingue la majorité des échantillons de la zone monticulaire. Les taxons caractéristiques de cette zone sont le bivalve *Tellina agilis* et les némertes (Figure 12, Annexe M et Tableau 11). *T. agilis* est un détritivore de surface souvent retrouvé dans des sites riches en débris végétaux (Abbott 1982), et qui pourrait être plus abondant dans la zone monticulaire en raison de la présence d'une plus grande quantité de débris de zostères dans les déblais de dragage (voir section 3.6.5). Les némertes, qui sont des vers carnivores fouisseurs (Barnes 1974), sont peut-être plus abondants dans la zone monticulaire en raison de la présence de nombreux détritivores fouisseurs (proies). Les autres taxons qui contribuent le plus à la formation de l'axe 1 sont le bivalve *Modiolus modiolus*, les Spionidae, les Idoteidae, les Ampharetidae, le bivalve *Arctica islandica* et les Isaeidae (Figure 12, Annexe M et Tableau 11). Tous ces taxons sont retrouvés dans la portion positive de l'axe 1 et sont donc généralement moins abondants dans la zone monticulaire.

Un deuxième groupe d'échantillons est composé de l'ensemble des échantillons de la zone de référence et de l'échantillon D1-2 de la zone intermonticulaire. Ce groupe se distingue surtout par sa position dans la portion négative du second axe (Figure 11). Le second axe est formé en grande partie par les polychètes Maldanidae et le bivalve *Tellina agilis*, qui se trouvent dans la portion positive de l'axe 2 (Figure 12, Annexe M et Tableau 11). Les échantillons du second groupe (i.e. zone de référence et échantillon D1-2) sont principalement caractérisés par l'absence presque totale de ces deux taxons (Annexe L). Les polychètes Maldanidae sont des invertébrés détritivores fouisseurs (tubicoles) (Fauchald et Jumars 1979). Leur absence de la zone de référence pourrait correspondre à la diminution généralisée de la proportion des détritivores observée dans cette zone (section 3.6.4).

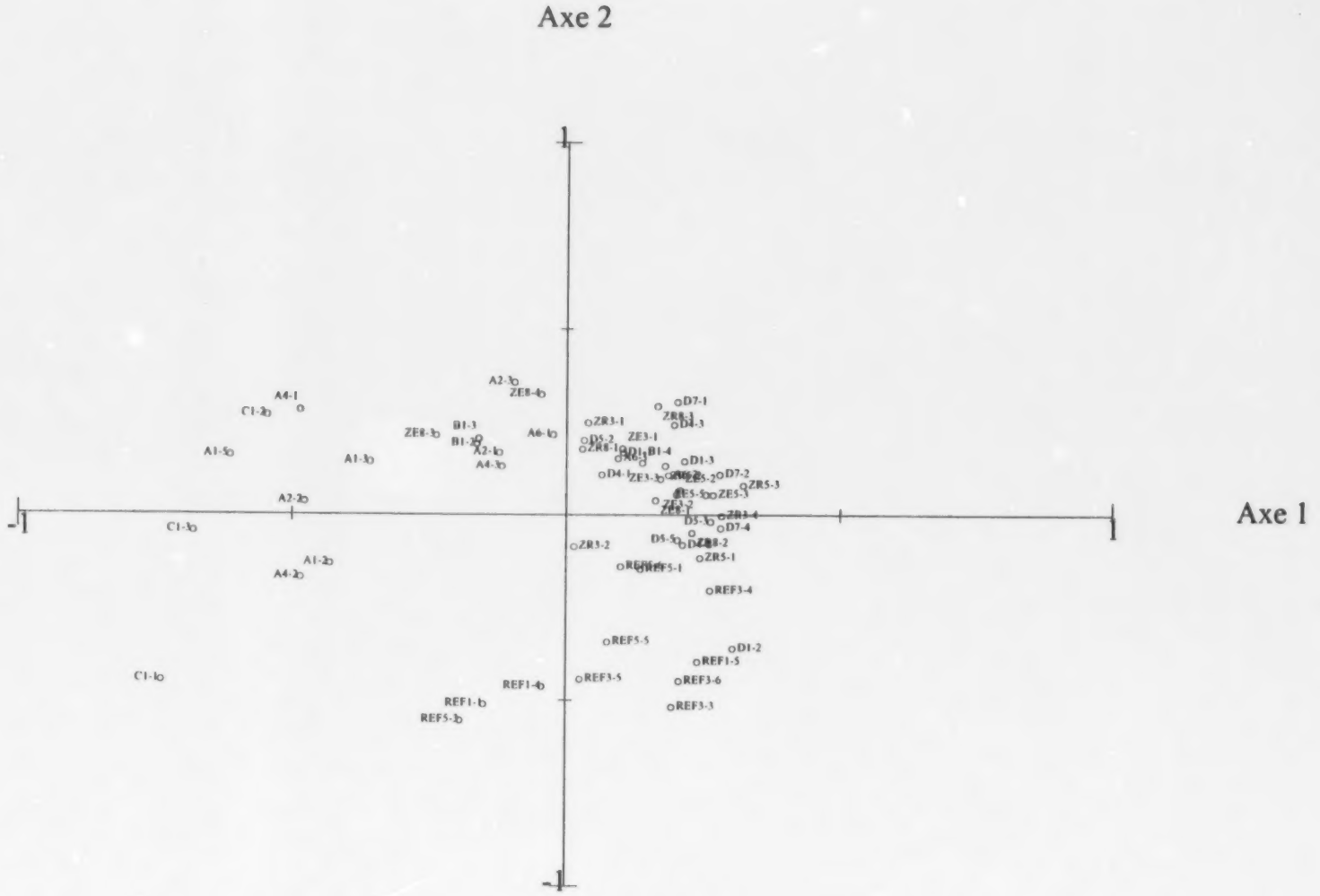
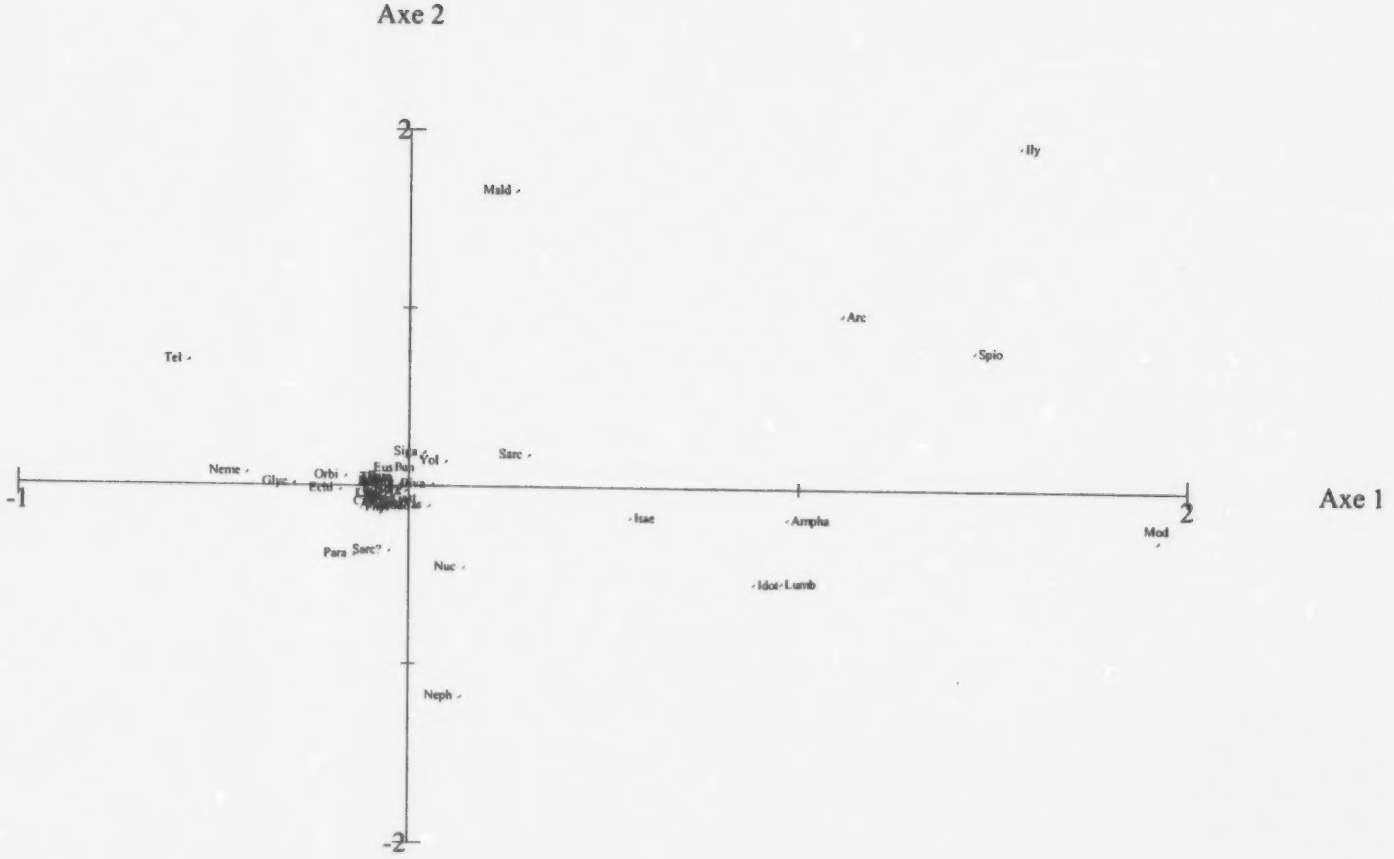


Figure 11 Distribution des échantillons sur les deux axes principaux de l'AC utilisant la matrice des abondances



Les noms complets des taxons correspondant aux abréviations utilisées sont présentés à l'Annexe M.

Figure 12 Distribution des taxons sur les deux axes principaux de l'AC utilisant la matrice des abondances

Tableau 11 Valeurs propres (λ) des deux premiers axes des AC et contribution des taxons à la formation de ces axes

AC utilisant la matrice des abondances			AC utilisant la matrice des biomasses		
	λ_1 = 16,1 %	λ_2 = 12,3 %		λ_1 = 13,7 %	λ_2 = 11,0 %
Taxon	Contribution (%)	Contribution (%)	Taxon	Contribution (%)	Contribution (%)
Modiolus modiolus	19,6	0,5	Idoteidae	16,8	1,6
Spionidae	14,3	5,5	*Modiolus modiolus*	16,8	0,5
Idoteidae	10,6	5,0	Spionidae	11,9	7,9
Ampharetidae	8,5	0,3	*Tellino agilis*	8,6	0,4
Arctica islandica	8,3	8,7	Ampharetidae	7,7	0,0
Isaeidae	6,7	0,7	Nemertea	7,7	0,0
Tellina agilis	6,2	12,5	Polychaeta (morceaux)	6,5	2,7
Nemertea	6,1	0,3	Isaeidae	5,3	0,0
Ilyanassa trivittata	3,7	7,6	Lumbrineridae	5,2	0,3
Nucula tenuis	0,6	8,1	*Ilyanassa trivittata*	0,6	33,7
Maldanidae	0,5	25,0	Maldanidae	0,0	40,4
Nephtyidae	0,0	8,2			
Sarciellidae ?	0,0	5,0			

Un troisième groupe est formé par l'ensemble des échantillons restants, soit presque exclusivement les échantillons des zones intermonticulaire, rapprochée et éloignée, et ne se distingue nettement sur aucun des axes (Figure 11). De même, aucun taxon n'est exclusivement caractéristique de ce groupe d'échantillons. La communauté benthique de ce groupe semble donc présenter une composition « intermédiaire » entre celle de la zone monticulaire et celle de la zone de référence. Enfin, le troisième axe de l'AC utilisant la matrice des abondances ne nous informe pas davantage car les stations des cinq zones sont bien réparties le long de cet axe (Annexe N).

En ce qui à trait à la matrice des biomasses, les regroupements d'échantillons, de même que les taxons contribuant le plus à la formation des deux axes principaux de l'AC, sont dans la majorité des cas les mêmes que pour la matrice des abondances (Figure 13 et Figure 14). Les résultats complets des AC sont présentés à l'Annexe O.

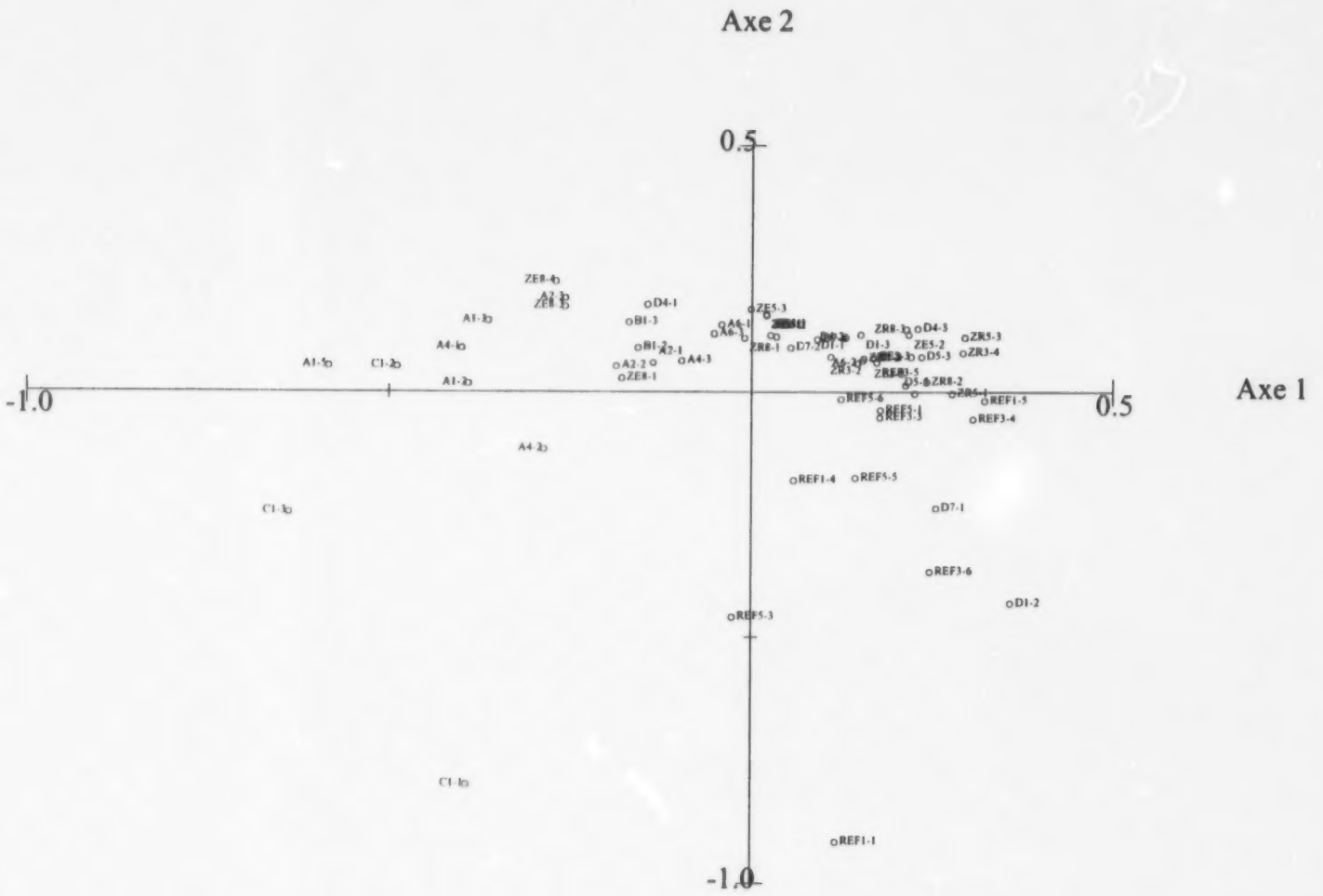
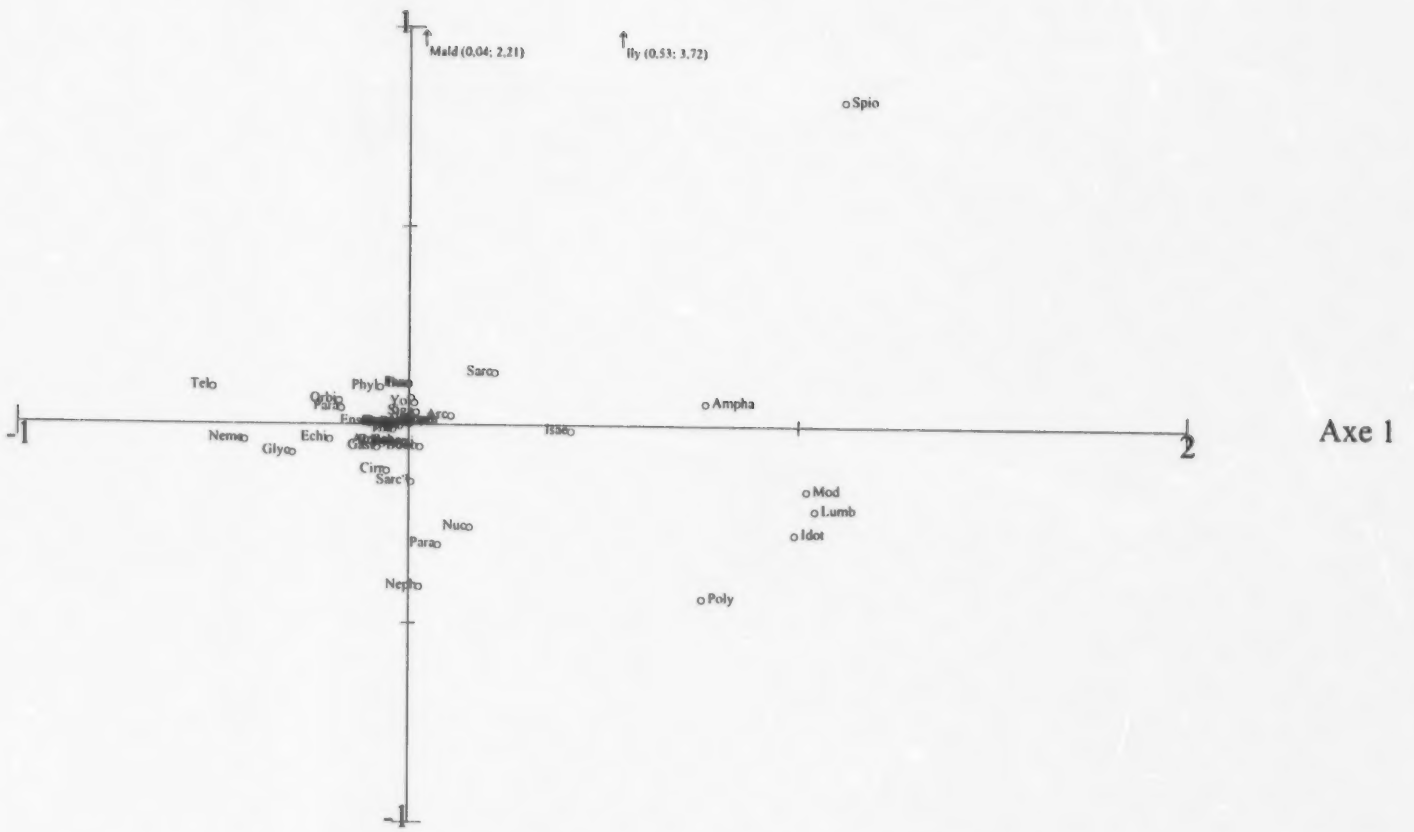


Figure 13 Distribution des échantillons sur les deux axes principaux de l'AC utilisant la matrice des biomasses



Les noms complets des taxons correspondant aux abréviations utilisées sont présentés à l'Annexe M.

Figure 14 Distribution des taxons sur les deux axes principaux de l'AC utilisant la matrice des biomasses

La comparaison statistique des pointages des échantillons de chaque zone sur les axes de l'AC utilisant la matrice des abondances et des biomasses révèle des différences significatives entre les communautés benthiques des zones à l'étude. Ainsi, sur l'axe principal, la zone monticulaire se distingue significativement, tandis que sur le second axe, la zone de référence est significativement différente de toutes les zones (Tableau 12).

Tableau 12 Comparaisons des pointages des échantillons sur les axes des AC entre les cinq zones d'échantillonnage

Matrice	Axe	Zone [A]				
		Monticulaire	Intermonticulaire	Rapprochée	Éloignée	Référence
Abondances	1 [B]	a	b	b	b	ab
	2	a	a	a	a	b
Biomasses	1	a	b	b	b	b
	2 [B]	a	a	a	a	b

A Pour une même ligne, les zones montrant des lettres identiques ne montraient pas de différences significatives selon le test de Tukey ($p > 0,05$).

B Le test de comparaisons multiples de Dunn (basé sur le test de Tukey) a été employé pour les pointages sur l'axe 1 de la matrice d'abondance et les pointages sur l'axe 2 des biomasses. Aucune transformation n'a permis de respecter les conditions d'applicabilité de l'ANOVA.

3.6.3. Descripteurs univariés

Malgré les différences dans la structure des communautés d'invertébrés, l'analyse des descripteurs univariés révèlent la présence de communautés benthiques stables et non perturbées dans les cinq zones d'échantillonnage, incluant la zone monticulaire, et montrent peu de différences entre celles-ci. L'indice de diversité de Shannon présente une valeur moyenne supérieure à 3, ce qui est indicateur d'un milieu non pollué (Wihlm 1970). De même, les valeurs élevées de l'indice de régularité observées dans toutes les zones signifierait que le milieu est relativement stable (Tableau 13).

Les tests statistiques de comparaison utilisant la richesse taxinomique, la biomasse et la diversité ne montrent aucune différence significative entre les zones. Seules la densité des invertébrés et la régularité présentent des différences significatives entre certaines zones (Tableau 13). Il est à noter que les plus faibles densités sont observées à la station C1 de la zone monticulaire et que ces échantillons sont aussi ceux qui présentent les plus faibles richesses taxinomiques (Annexe L). Cette station correspond probablement à la zone de dépôt la plus récente. En effet, parmi les trois monticules cartographiés dans la zone de dépôt (Figure 3), le monticule renfermant la station C1 est celui qui contient la quantité de sédiments se rapprochant le plus de la quantité immergée en 1995 (BEAK 1996). De plus, la méthode de positionnement plus précise utilisée en 1995 lors de l'immersion des déblais pourrait expliquer pourquoi le monticule C est moins étendu que les autres. Par conséquent, il est possible que les plus faibles densité et richesse taxinomique observées à la station C1 soient le résultat de la plus courte période de temps écoulée depuis la dernière immersion de sédiments, et que la recolonisation par les invertébrés n'y était pas encore complètement terminée.

Tableau 13 Moyennes (± écart type) des descripteurs univariés de la communauté benthique

Descripteur	Zone [A]				
	Monticulaire (N =18)	Intermonticulaire (N = 12)	Rapprochée (N = 9)	Éloignée (N = 9)	Référence (N = 11)
Densité (n/m^2) [B]	1097 ± 527 a	1317 ± 302 ab	1658 ± 320 b	1083 ± 638 ab	1625 ± 579 b
Richesse [C]	13,8 ± 3,0 a	15,8 ± 2,1 a	15,7 ± 2,2 a	13,2 ± 2,7 a	15,2 ± 2,4 a
Biomasse (g/m^2) [B]	6,5 ± 4,8 a	6,7 ± 4,4 a	8,8 ± 11,3 a	5,8 ± 2,7 a	6,9 ± 6,0 a
Diversité (H')	3,26 ± 0,34 a	3,52 ± 0,22 a	3,37 ± 0,22 a	3,24 ± 0,37 a	3,19 ± 0,28 a
Régularité (J)	0,87 ± 0,06 ab	0,89 ± 0,03 a	0,85 ± 0,04 ab	0,88 ± 0,09 ab	0,82 ± 0,05 b

A Pour une même ligne, les valeurs moyennes montrant des lettres identiques ne montraient aucune différence significative selon le test de Tukey ($p > 0,05$).

B Le test de comparaisons multiples de Tukey a été effectué sur les valeurs de densité transformée en log (x+1).

C Le test de comparaisons multiples non paramétrique de Dunn (basé sur celui de Tukey) a été effectué sur la variable richesse puisqu'aucune transformation ne permettait d'obtenir une distribution normale.

3.6.4. Analyse des différents groupes fonctionnels basés sur l'alimentation

Le mode d'alimentation des taxons recensés permet de mieux caractériser les différences observées dans la structure des communautés benthiques. Les détritivores, qu'ils soient de surface ou fouisseurs, sont représentés en plus grande proportion dans la zone monticulaire et les détritivores de surface y sont le groupe fonctionnel dominant (Figure 15). La proportion des détritivores diminue ensuite de la zone monticulaire vers la zone de référence. Inversement, la proportion d'invertébrés suspensivores (ou filtreurs) est à son plus bas niveau dans la zone monticulaire et va en augmentant jusqu'à atteindre un maximum dans la zone de référence (Figure 15). Une telle relation inverse entre la proportion des détritivores et celle des suspensivores est fréquemment observée dans les écosystèmes marins (Levinton 1995). Cette relation est définie par la théorie de l'amensalisme ou de l'exclusion réciproque des groupes trophiques (Rhoads et Young 1970). Selon cette théorie, les deux principaux groupes trophiques sont influencées par la

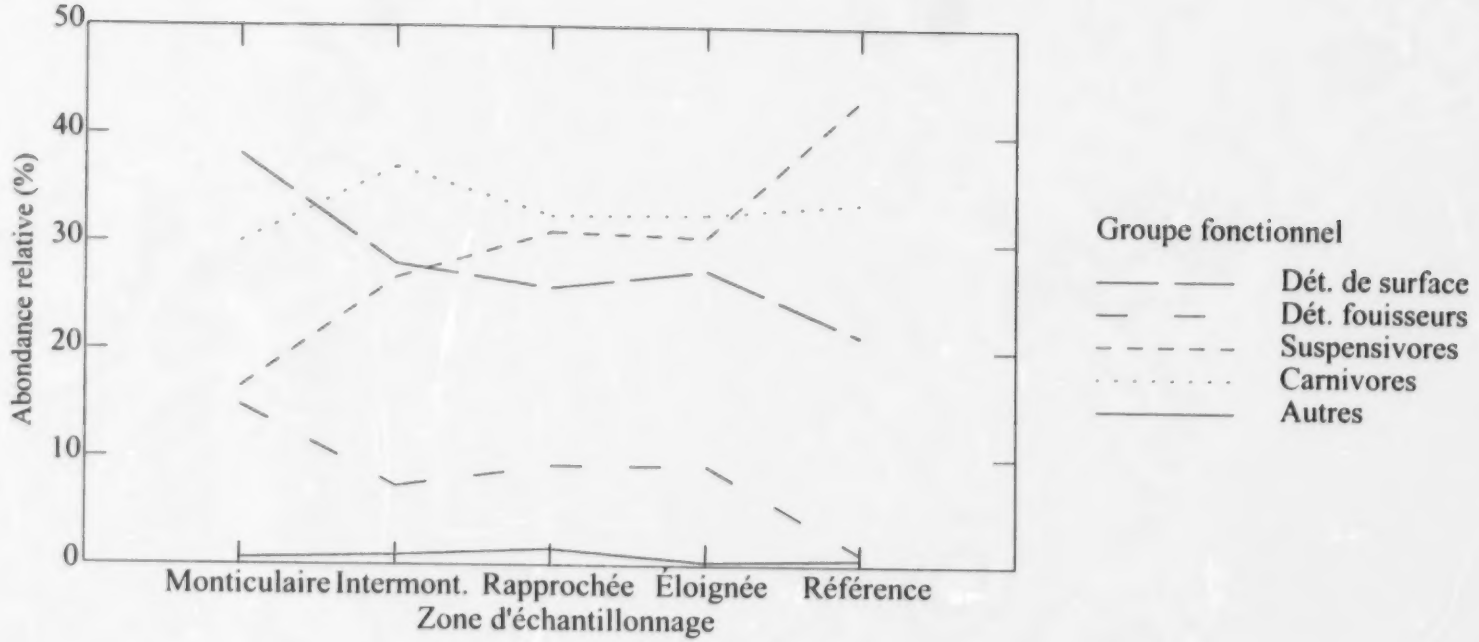


Figure 15 Abondance relative des groupes fonctionnels basés sur l'alimentation dans les cinq zones d'échantillonnage

vitesse des courants qui conditionne les apports nutritifs. Généralement, les suspensivores montrent les plus fortes densités dans les sédiments sablonneux, c'est-à-dire dans des zones où le courant est assez fort pour empêcher la sédimentation des particules fines.

Quand aux détritivores, ils sont habituellement dominants sur les substrats vaseux, où le courant est lent, ce qui permet la déposition des particules fines et l'accumulation de la matière organique retrouvées dans la colonne d'eau (Gray 1981).

Compte tenu de l'habitat préférentiel des invertébrés détritivores, il est surprenant d'observer une dominance de ces organismes dans la zone monticulaire. En effet, la granulométrie grossière des sédiments et la faible teneur en carbone organique total mesurées dans la zone monticulaire (92% de sable, 0,18% de COT), suggèrent plutôt un habitat propice à l'établissement d'une communauté dominée par les suspensivores. Les sédiments présentant en majorité des tailles de particules d'environ 0,18 mm, comme dans le cas de la présente étude, sont les plus stables puisque de telles particules sont les plus difficiles à déplacer. Ainsi l'action des courants et des vagues doit être peu important à l'endroit où on retrouve ce type de sédiment. De tels milieux sont généralement dominés par les suspensivores (Gray 1981).

Cependant, plusieurs facteurs pourraient expliquer la prédominance des détritivores et la faible proportion des suspensivores dans la zone monticulaire. D'abord, il est possible que la mesure du carbone organique total dans les sédiments ne reflète pas adéquatement la quantité de matière organique disponible pour les détritivores (voir section 3.6.5). Ensuite, tel que discuté par Levinton (1995), la bioturbation du substrat par les organismes détritivores peut avoir engendré des conditions moins propices à l'établissement des suspensivores. En effet, les activités des détritivores peuvent déstabiliser les sédiments en augmentant leur contenu en eau. Ils produisent aussi de grandes quantités de boulettes fécales qui sont érodées relativement facilement par les courants de fond. Ces activités ont pour effet de favoriser une remise en suspension plus importante que dans un milieu dominé par les suspensivores. Troisièmement, l'augmentation de la quantité de solides en suspension lors de l'immersion des sédiments peut avoir engendré des effets néfastes pour les suspensivores. Une diversité d'effets néfastes pour les organismes suspensivores peuvent résulter d'une augmentation des solides en suspension, dont la diminution du taux de filtration, la diminution du taux de croissance et, dans certains cas, la mort des organismes (Appleby et Scarratt 1989). Cependant, dans leur revue du sujet, Appleby et

Scarratt (1989) indiquent que l'augmentation des sédiments en suspension engendrée lors de l'immersion de sédiments n'aurait généralement pas d'effets néfastes à court terme pour les bivalves adultes.

3.6.5. Variables physico-chimiques pouvant expliquer la structure des communautés benthiques

Les variables physico-chimiques retenus par les analyses de régression multiple pour expliquer les différences dans la structure des communautés benthiques sont principalement le pourcentage de carbone organique total pour le 1er axe de l'AC sur la matrice d'abondance et la profondeur de l'eau pour le 2e axe (Tableau 10). Aucune des variables mesurées ne contribue significativement à l'explication des pointages sur le troisième axe. Ainsi, tout comme pour les bioessais qui présentent de fortes variations parmi les zones (Microtox^{MC} en phase solide et liquide et de fertilisation chez l'oursin), la teneur en COT est la variable qui semble expliquer le mieux la variation de la structure de la communauté benthique sur le 1er axe, soit la discrimination de la zone monticulaire par rapport aux autres zones.

Selon ces résultats, la plus faible teneur en carbone organique total observée dans la zone monticulaire expliquerait en bonne partie la communauté benthique que l'on y retrouve, i.e. une communauté dominée par les détritivores. Cette observation va à l'encontre de la relation normalement observé où la proportion de détritivores est plus élevée dans les milieux riches en COT (Sims 1996). La corrélation observée dans la présente étude apparaît donc comme un exemple de l'absence de relation de cause à effet. Il est possible que la mesure du carbone organique total dans les sédiments ne reflète pas adéquatement la quantité de matière organique disponible pour les détritivores, et ce en raison de la présence de débris grossiers de zostères dans plusieurs échantillons de sédiments, notamment ceux de la zone monticulaire. Mentionnons que la méthodologie d'analyse de la teneur en COT qui a été utilisée ne considère que les particules de taille inférieure à 0,5 mm (Centre Saint-Laurent, méthode CPQ 115SO) ce qui exclut les débris végétaux. Les observations qualitatives effectuées lors de l'échantillonnage des invertébrés indiquent que les échantillons de la zone monticulaire sont ceux présentant les plus importantes quantités de débris grossiers de zostères (Laboratoires SAB 1997). Ces débris pourraient avoir favorisé la colonisation des détritivores en leur fournissant une source de nourriture abondante.

La zostère est généralement limitée aux zones situées entre le niveau de la marée basse et des profondeurs de l'ordre de 3 à 5 m (Levinton 1995). Les débris de zostères retrouvés aux stations d'échantillonnage proviendraient donc de l'extérieur du site à l'étude. Ils pourraient avoir été immergés avec les sédiments de dragage ou simplement avoir été transportés à partir de la côte par les courants marins.

Deuxièmement, la relation négative observée entre la profondeur de l'eau et le pointage des échantillons sur l'axe 2 de l'AC, signifie que la plus grande profondeur d'eau observée aux stations de la zone de référence expliquerait la composition particulière de la communauté benthique qui y est retrouvée. La gamme de profondeurs à laquelle se retrouve les stations de la zone d'étude (de 11,4 à 16,3 m) se situe à la limite de la profondeur de pénétration de la lumière qui varie de 10 à 15 m dans le secteur des Îles de la Madeleine (Loring et Nota 1973). Dans ce contexte, une différence de quelques mètres de profondeur pourrait avoir une incidence sur la quantité de lumière parvenant sur le fond à l'instar d'une augmentation de turbidité. Ceci pourrait entraîner une réduction de l'activité photosynthétique et affecter le reste de la chaîne trophique dont la communauté benthique (Appleby et Scarratt 1989).

En résumé, la faune benthique présente des similitudes dans l'ensemble de la zone d'étude et est caractéristique d'un milieu sablonneux non pollué. Il existe des différences dans la structure des communautés et il est difficile d'établir quel facteur a joué le rôle le plus important dans l'établissement de ces communautés dans les différentes zones. Il est probable que les communautés observées résultent des effets combinés de différents paramètres. Par exemple, la zone monticulaire est caractérisée notamment par l'abondance de bivalves détritivores qui sont souvent retrouvés dans des sites riches en débris végétaux. Ceci suggérerait un impact de l'abondance des débris de zostères sur la composition des communautés. Par ailleurs, la diminution quasi régulière de la proportion des organismes suspensivores à mesure que l'on se rapproche de la zone de dépôt, indiquerait que la mise en suspension de sédiments engendrée par l'immersion des déblais de dragage ou la remise en suspension par la bioturbation des organismes détritivores sont à l'origine de la composition des communautés. Ces impacts ne devraient pas s'étendre bien au-delà du rayon de 1 km de la zone de dépôt en raison de l'apparente stabilité du milieu (section 3.6.4). Les impacts physico-chimiques (granulométrie et teneurs en métaux) ne sont pas décelés à l'extérieur de la zone monticulaire, et la faune benthique des zones rapprochées

et éloignées semble intermédiaire entre la communauté des monticules et celle de la zone de référence.

4. Conclusion et recommandations

Les résultats de la chimie des sédiments et des bioessais de toxicité démontrent clairement que l'immersion des sédiments au site CM-7 n'a engendré aucune contamination toxique pour la faune aquatique. En effet, nous n'avons observé aucun dépassement des normes ou des critères utilisés par le Programme d'immersion en mer en ce qui concerne les BPC, les HAP et les métaux, à l'exception d'une seule concentration en nickel se situant légèrement au-dessus de la concentration seuil produisant un effet (CSE) et ce, à une station de la zone éloignée. De plus, la majorité des autres métaux pour lesquels il n'existe ni de norme ou critère, de même que le COT, sont retrouvés en concentrations significativement plus faibles dans la zone monticulaire que dans les autres zones. Cette observation serait attribuable à la présence de sédiments plus grossier dans cette zone. Les teneurs en COT et en métaux dans tous les sédiments étudiés sont caractéristiques des substrats sablonneux du golfe Saint-Laurent.

Les résultats des bioessais Microtox^{MC} en phase solide et de survie de l'amphipode ont démontré l'absence de toxicité dans tous les sédiments testés selon les critères de succès-échec du Programme d'immersion en mer. Par contre, le bioessai de fertilisation chez l'oursin a indiqué une toxicité pour la presque totalité des sédiments testés. La réponse observée avec ce test ne semble pas indicatrice d'une véritable toxicité des sédiments, mais est surtout reliée aux teneurs en COT, à l'azote ammoniacal et à la granulométrie des sédiments.

Pour tous les bioessais sauf celui basé sur l'activité exoenzymatique et celui de la survie chez l'amphipode, la réponse toxique des sédiments est en moyenne légèrement plus faible dans la zone monticulaire que dans toutes les autres zones, ce qui démontre clairement la non toxicité des déblais de dragage pour la faune marine. Les variables ayant le plus contribuées aux variations des résultats des bioessais sont principalement la teneur en COT et, dans une moindre mesure, la concentration en azote ammoniacale. Ces résultats suggèrent que les réponses toxiques observées semblent plutôt déterminées par les variations naturelles du milieu.

La sensibilité relative des bioessais utilisés dans la présente étude est la suivante (en ordre décroissant de sensibilité) : bioessai de fertilisation chez l'oursin = Microtox^{MC} en phase liquide > bioessai Microtox^{MC} en phase solide > bioessai de survie de l'amphipode = bioessai basé sur l'activité exoenzymatique.

La mesure *in situ* de l'activité exoenzymatique a permis de distinguer la zone monticulaire des autres zones (l'activité est significativement plus faible dans la zone monticulaire). L'activité exoenzymatique est liée à la teneur en limon dans les sédiments. La diminution de cette activité bactérienne dans la zone monticulaire refléterait la modification de la granulométrie du substrat occasionnée par l'immersion des déblais de dragage.

Les analyses multivariées de la structure des communautés d'invertébrés benthiques ont permis de démontrer des différences significatives entre la zone monticulaire, la zone de référence et le reste de la zone d'étude (zones intermonticulaire, rapprochée et éloignée). Malgré ces différences, l'analyse des descripteurs univariés (la richesse, la diversité, la régularité et la densité et la biomasse des invertébrés) révèlent la présence de communautés benthiques stables et non perturbées dans les cinq zones d'échantillonnage. Parmi ces paramètres, seule la densité des invertébrés est significativement moins élevée dans la zone monticulaire par rapport aux autres zones en raison de la plus faible abondance des invertébrés observée au monticule C. D'après le volume et l'étendue de ce monticule, celui-ci serait composé des déblais de dragage les plus récemment immergés (i.e. en 1995). Ces résultats suggèrent que l'immersion des déblais de dragage pourrait avoir causé un enterrement de la faune benthique en place. La recolonisation de ce monticule par les invertébrés n'était pas complètement terminée au moment de l'échantillonnage, soit un an après les rejets.

La principale différence entre les structures des communautés benthiques consiste à l'augmentation de la proportion des détritivores allant de la zone de référence vers la zone monticulaire et à la diminution de la proportion des suspensivores selon le même gradient. L'augmentation de la proportion des détritivores pourrait être attribuable à l'augmentation de la quantité de matière organique disponible pour ces organismes, dont une plus grande abondance de débris grossiers de zostères. La diminution de la proportion des suspensivores pourrait peut-être résulter de la bioturbation des sédiments causée par la plus grande abondance des détritivores. Les facteurs ayant le plus contribués à la structure des communautés selon les modèles de régression sont la teneur en COT et la profondeur.

Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que l'immersion des déblais n'a entraîné aucun impact négatif sur le milieu récepteur, autres qu'une légère modification de la granulométrie occasionnant des changements aux niveaux des paramètres physico-chimiques et

des réponses toxiques des bioessais ainsi qu'une modification de la structure des communautés d'invertébrés benthiques, néanmoins sans impact significatif sur la biomasse et la diversité de ces organismes. Ces impacts ne devraient pas s'étendre au-delà de 1 km de la zone de dépôt. En effet, les répercussions physico-chimiques (granulométrie et physico-chimie) ne sont pas décelées dans les zones rapprochées et éloignées (situées respectivement à 500 m et 1000 m du centre du CM-7). De plus, la structure des communautés benthiques dans ces deux zones est intermédiaire entre la zone de dépôt et la zone de référence. Il apparaît donc que le lieu d'immersion CM-7 peut continuer à recevoir des déblais de dragage sans menacer le milieu environnant. À la lumière des résultats obtenus dans cette étude, les hypothèses formulées lors de la délivrance des permis d'immersion, après l'immersion des sédiments, apparaissent valides et adéquates pour protéger efficacement le milieu.

Les résultats de cette étude nous amènent à formuler les recommandations suivantes quant aux prochaines activités de suivi au site d'immersion CM-7 et aux lignes directrices encadrant le rejet de sédiments en eau libre :

- le bioessai de fertilisation chez l'oursin semble sensible à d'autres agents stresseurs que les contaminants préoccupants. Le critère de succès/échec utilisé par le Programme d'immersion en mer devrait donc être réévalué afin de tenir compte de la sensibilité élevée de ce bioessai aux facteurs confondants ;

- des études supplémentaires pourraient être désirables afin de vérifier l'influence des facteurs confondants potentiels sur la toxicité des bioessais identifiés dans cette étude, notamment le carbone organique total ;

- la mesure de l'activité exoenzymatique *in situ* s'est avérée sensible pour distinguer les sédiments immergés de ceux des autres zones et est relativement peu coûteuse pour évaluer les perturbations des sédiments. Cette mesure apparaît donc intéressante pour les études de suivi de la qualité du milieu marin. Cependant, des études supplémentaires seraient nécessaires afin de développer un critère de qualité des sédiments pour cette mesure, et afin de vérifier l'influence des facteurs confondants potentiels, tels la granulométrie du substrat ;

- dans l'éventualité d'un prochain suivi au site CM-7, il serait avantageux de positionner une seconde zone de référence à une profondeur d'environ 12 m. Cette zone supplémentaire permettrait de confirmer que les différences de profondeur ne sont pas responsables des différences observées dans la composition des communautés benthiques.

5. Références

Abbott, R.T. 1982. Guide des coquillages de l'Amérique du Nord - Guide d'identification sur le terrain. Marcel Broquet, La Prairie, Qué.

Appleby, J.A. et Scarratt, D.J. 1989. Physical effects of suspended solids on marine and estuarine fish and shellfish, with special reference to ocean dumping: a literature review. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1681.

Barnes, R.D. 1974. Invertebrate zoology. W.B. Saunders, Toronto, Ont.

BEAK International inc. 1996. Surveillance environnementale au site d'immersion CM-7, Cap-aux-Meules, Îles-de-la-Madeleine – Plan de l'étude. Rapport présenté à la Direction de la protection de l'environnement, Environnement Canada – Région du Québec, Montréal, Qué.

Bélanger, C., Desrosiers, B. et Lee K. 1997. Microbial extracellular enzyme activity in marine sediments : extreme pH to terminate reaction and sample storage. Aquat. Microb. Ecol. **13** : 187-196.

Bélanger, C., Larocque, R., Gauthier, J. et Lee, K. 1996. Ocean disposal of dredged material from L'Anse-à-Beaufils: microbial response at the dump site. Pêches et Océans Canada, Division des sciences de l'environnement marin, Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli, Qué.

Benton, M. J., Malott, M.J. et Knight, S.S. 1995. Influence of sediment composition on apparent toxicity in a solid-phase test using bioluminescent bacteria. Environ. Toxicol. Chem. 14 :411-414.

Bombardier, M. 1995. Évaluation de la qualité des sédiments marins provenant de deux zones portuaires du Saint-Laurent. Environnement Canada, Direction de la protection de l'environnement, Montréal, Qué.

Centre Saint-Laurent. Méthode CPQ 115SO. Laboratoires du Centre Saint-Laurent, Direction Conservation de l'environnement, Environnement Canada – région du Québec.

Chapman, P.M., Power, E.A. et Burton, G.A. Jr. 1992. Integrative assessments in aquatic ecosystems. *Dans :* Sediment toxicity assessment. *Édité par :* G. A. Burton Jr. Lewis Publishers inc., Chelsea, Michigan. pp 313-340.

DORS/89-500. 1989. Règlement de 1988 sur l'immersion de déchets en mer. 123 Gazette du Canada, partie II, 4490 (89-10-19) [LCPE-12].

Dunn, O.J. 1964. Muliple contrasts using rank sums. Technometrics, **6**: 241-252.

Elouard, B., Desrosiers, G., Brêthes, J.C. et Vigneault, Y. 1983. Étude de l'habitat du poisson autour des îlots créés par des déblais de dragage ; lagune de Grande-Entrée, Îles-de-la-Madeleine. Direction de la recherche sur les pêches. Ministère des Pêches et des Océans. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques No 1209.

Enequist, P. 1949. Studies on the soft-bottom amphipods of the Skagerak. Zool. Bidrag Uppsala, **28**: 299-492.

Environment Canada. 1995a. Interim Sediment Quality Guidelines. Draft Copy. Soil and Sediment Quality Section, Guidelines Division, Ecosystem Conservation Directorate, Evaluation and Interpretation Branch, Ottawa, Ont.

Environment Canada. 1995b. Standard operating procedure # 29 : Measurement of Redox, Ammonia, and Sulfides in Sediments and Water. Environment Canada, Atlantic Region.

Environment Canada. 1996. *Technical Guidance on Biological Monitoring for Ocean Disposal : Reviewed Report.* Préparé par BEAK Consultants Limited pour Environnement Canada, Division de l'environnement marin, Hull, Québec.

Environnement Canada. 1992a. Méthode d'essai biologique: essai de toxicité sur la bactérie luminescente Photobacterium phosphoreum. Série de la protection de l'environnement, rapport SPE 1/RM/24.

Environnement Canada. 1992b. Méthode d'essai biologique: essai sur la fécondation chez les échinides (oursins verts et oursins plats). Série de la protection de l'environnement, rapport SPE 1/RM/27.

Environnement Canada. 1992c. Méthode d'essai biologique: essai de toxicité aiguë de sédiments chez des amphipodes marins ou estuariens. Série de la protection de l'environnement, rapport SPE 1/RM/26.

Environnement Canada. 1994. Document d'orientation sur le prélèvement et la préparation de sédiments en vue de leur caractérisation physicochimique et d'essais biologiques. Rapport SPE 1/RM/29. Direction générale du développement technologique, Ottawa, Ont.

Environnement Canada. 1995. Guide d'utilisation de la formule "Demande de permis (immersion en mer)". Rapport SPE 1/MA/1. Division du milieu marin, Service de protection de l'environnement, Ottawa, Ont.

Fauchald, K. et Jumars, P.A. 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 17: 193-284.

Gosner, K.L. 1971. Guide to identification of marine and estuarine invertebrates. Wiley-Interscience, New York, N.Y.

Gray, J.S. 1981. The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Laboratoires SAB inc. 1997. Caractérisation de la faune benthique récoltée sur les sites de dépôt des déblais de dragage aux Îles-de-la-Madeleine. Rapport présenté à Environnement Canada, Direction de la Protection de l'environnement, Montréal, Qué.

Lacasse, S. et Magnan, P. 1992. Biotic and abiotic determinants of the diet of brook trout, *Salvelinus fontinalis*, in lakes of the Laurentian Shield. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **49**: 1001-1009.

Lamberson, J.O., DeWitt, T.H. et Swartz, R.C. 1992. Assessment of sediment toxicity to marine benthos. *Dans :* Sediment toxicity assessment. *Édité par :* G. A. Burton Jr. Lewis Publishers inc., Chelsea, Michigan. Pp. 183-212

Legendre, L. et Legendre, P. 1984. Écologie numérique. Tome 1. Le traitement multiple des données écologiques. Masson, Paris, et les Presses de l'Université du Québec, Montréal, Qué.

Levinton, J.S. 1995. Marine biology: function, biodiversity, ecology. Oxford University Press, New York, N.Y.

Livings, C.D. et Coustalin, J.B. 1975. Zonation of intertidal biomass and related benthic data from Sturgeon and Roberts banks, Fraser River estuary, British Columbia. Can. Fish. and Mar. Serv. Tech. Report 468.

Loring, D.H. 1978. Geochemistry of zinc, copper and lead in the sediments of the estuary and Gulf of St.Lawrence. Can. J. Earth Sci. **15** : 757-772.

Loring, D.H. 1979. Geochemistry of cobalt, nickel, chromium and vanadium in the sediments of the estuary and open Gulf of St.Lawrence. Can. J. Earth Sci. **16** : 1196-1209.

Loring, D.H. et Nota, D.J.G. 1973. Morphology and sediments of the Gulf of St. Lawrence. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada. Bulletin **182.**

Loring, D.H. et Rantala, R.T.T. 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Earth-Science Reviews **32** : 235-283.

Porebski, L., Osborne, J., Doe, K., Zadjlik, B., Lee, D., Pocklington, P. et Atkinson, G. 1997. Interpretive guidance for bioassays using pollution gradient studies, First year report. Marine Environment Division, Toxics Pollution Prevention Directorate, Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, Ont.

Rhoads, D.C. et Young, D.K. 1970. The influence of deposit feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. J. Mar. Res. **28** : 150-178.

Ringwood, A.H., DeLorenzo, M.E., Ross, P.E. et Holland, A.F. 1997. Interpretation of Microtox^{MC} solid-phase toxicity tests : the effects of sediment composition. Environ. Toxicol. Chem. **16 : 1135-1140.**

Rohlf, F.J. 1987. NTSYS-pc: Numerical taxonomy and multivariate analysis system for the IBM PC microcomputer (and compatibles), ver. 1.30. Exeter publishing, Setauket, N.Y.

Scherrer, B. 1984. Biostatistique. Gaëtan Morin éditeur, Boucherville, Qué.

Sims, J.G. 1996. Grain size and total organic carbon effects on benthic organisms. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Technical Note EEDP-01-37.

Sokal, R.R. et Rohlf, F.J. 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research, 3rd ed. W.H. Freeman and Co., New York, N.Y.

SPSS Inc. 1996. SYSTAT 6.0.1 for Windows. SPSS Inc., Chicago, IL.

Tay, K.L., Doe, K.G., MacDonald, A.J. et Lee, K. 1997. The influence of particle size, ammonia, and sulfide on toxicity of dredged materials for ocean disposal. *Dans:* Microscale testing in aquatic toxicology. *Édité par* P.G. Wells, K. Lee et C. Blaise. CRC Press, Boca Raton, Fla. pp. 559-574.

U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). 1986. Test methods for evaluating solid waste, physical and chemical methods.

Van Rijn, L.C. 1993. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. Aqua Publications.

Wihlm, J.L. 1970. Range of diversity in benthic macroinvertebrate populations. J. Wat. Pollut. Control Fed. **42**: 221-224.

Wilkinson, L. et Coward, M. 1996a. Analysis of variance. *Dans:* SYSTAT 6.0 for Windows: Statistics. SPSS Inc., Chicago, IL. pp. 119-223.

Wilkinson, L. et Coward, M. 1996b. Linear regression. *Dans* SYSTAT 6.0 for Windows: Statistics. SPSS Inc., Chicago, IL. pp. 247-298.

Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis, 3rd ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.

Annexes

Liste des annexes

Annexe A Données historiques des analyses physico-chimiques des sédiments aux sites de dragage

Annexe B Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage des sédiments et des invertébrés benthiques

Annexe C Teneurs en HAP et en BPC dans les sédiments

Annexe D Protocoles suivis pour les analyses physico-chimiques, la mesure de l'activité exoenzymatique aminopeptidase *in situ* et les bioessais de toxicité

Annexe E Documents de référence utilisés pour l'identification des invertébrés

Annexe F Classification des invertébrés recensés dans les groupes fonctionnels basés sur l'alimentation

Annexe G Contrôle de la qualité des résultats analytiques

Annexe H Analyse des résidus des six modèles de régression multiple

Annexe I Taxons rares exclus des analyses des correspondances

Annexe J Paramètres de support mesurés lors de l'échantillonnage des invertébrés

Annexe K Résultats de l'analyse physico-chimique des sédiments

Annexe L Abondance des invertébrés récoltés dans les échantillons

Annexe M Correspondance entre les noms des taxons et les abréviations utilisées dans les analyses des correspondances

Annexe N Distribution des échantillons sur les axes 1 et 3 des analyses des correspondances

Annexe O Résultats complets des analyses des correspondances

Annexe P Biomasse (g) des invertébrés récoltés dans les échantillons

Annexe A Données historiques des analyses physico-chimiques des sédiments aux sites de dragage

Annexe A 1 Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments Cap-aux-Meules – Chenal Échantillonnage du 4 octobre 1989

Paramètre analytique	Unité	No de l'échantillon 1	2	3	4	5
Matière organique totale	%	1	1	1	1	1
Phosphore total	mg/kg	134	113	111	115	117
Carbone total	%	0,30	0,29	0,20	0,46	0,86
Huiles et graisses minérales	mg/kg	230	250	440	290	330
Arsenic	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	1,3	<0,1
Cyanures totaux	mg/kg	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Mercure	mg/kg	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Béryllium	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1
Cadmium	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1
Chrome	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1
Cuivre	mg/kg	<3	<3	<3	<3	<3
Nickel	mg/kg	8	9	9	11	10
Plomb	mg/kg	<15	<15	<15	<15	<15
Vanadium	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10
Zinc	mg/kg	<3	<3	<3	<3	<3
Solides volatils	%	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
BPC totaux	mg/kg	<0,05	**0,36** [A]	<0,05	<0,05	<0,05
Huiles et graisses totales	mg/kg	340	330	440	290	550
Granulométrie						
Argile et colloïdes (< 0,002 mm)	%	15	18,75	20	20	16,88
Limon (0,002 mm à 0,06 mm)	%	5	3,75	2,5	3,25	3,87
Sable (0,06 mm à 2,0 mm)	%	80	77,5	77,5	76,75	79,25
Gravier (> 2,0 mm)	%	0	0	0	0	0

[A] Cette teneur en BPC dépasse la norme de 0,1 mg/kg définie par la LCPE.

Source : Travaux publics Canada. 1990. Rapport d'analyse d'échantillons de sédiments, Cap-aux-Meules, Îles-de-la-Madeleine. Préparé par Sauger Groupe-conseil inc., Québec (Québec), dossier T1-984.

Annexe A 2 Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments Cap-aux-Meules – Chenal Échantillonnage du 6 janvier 1990

Paramètre analytique	Unité	No de l'échantillon 2	6	7	8	9
Phosphore total	mg/kg		248	340	175	90
Carbone total	%		0,54	5,5	0,42	0,29
Huiles et graisses minérales	mg/kg		< 30	87	47	48
Arsenic	mg/kg		2,2	6,3	1,8	0,94
Cyanures totaux	mg/kg		< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Mercure	mg/kg		< 0,03	0,08	< 0,02	< 0,02
Béryllium	mg/kg		2,5	2,2	2,7	3,0
Cadmium	mg/kg		< 0,7	**1,2** [A]	< 0,7	< 0,7
Chrome	mg/kg		7,1	13,0	7,3	3,5
Cuivre	mg/kg		7,5	16,0	5,0	3,7
Nickel	mg/kg		**22,0** [B]	**18,1** [B]	**17,9** [B]	15,3
Plomb	mg/kg		6,6	15,0	5,7	3,1
Vanadium	mg/kg		1,6	1,2	1,5	1,5
Zinc	mg/kg		19,0	62,0	15,0	9,8
Solides volatils	%		1,45	4,5	0,76	0,52
BPC totaux	mg/kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Huiles et graisses totales	mg/kg		1440	N.A. [C]	1312	1387
Granulométrie						
Argile et colloïdes (< 0,002 mm)	%		5,0	13,5	0	0
Limon (0,002 mm à 0,06 mm)	%		23,2	50,6	2,7	1,6
Sable (0,06 mm à 2,0 mm)	%		71,8	35,9	97,3	98,4
Gravier (> 2,0 mm)	%		0	0	0	0

[A] Cette teneur en cadmium dépasse la norme de 0,6 mg/kg définie par la LCPE.

[B] Ces teneurs en nickel dépassent la concentration seuil produisant un effet (CSE nickel = 15,9 mg/kg).

[C] N.A. : non analysé.

Source : Travaux publics Canada. 1990. Rapport d'analyse d'échantillons de sédiments, Cap-aux-Meules, Îles-de-la-Madeleine (2e campagne). Préparé par Sauger Groupe-conseil inc., Québec (Québec), dossier T1-984-1.

Annexe A 3 Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments Cap-aux-Meules – Chenal Échantillonnage effectué entre janvier et juillet 1990

Paramètre analytique	Unité	No de l'échantillon					
		1	2	3	4	5	6
Matière organique	%	5,4	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2
Phosphore total	mg/kg	410	140	210	180	250	230
Carbone organique total	%	0,59	0,069	0,093	0,067	0,011	0,12
Huiles et graisses	mg/kg	0,11	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Arsenic	mg/kg	**15** [A]	<5	<5	<5	6,3	6,4
Cyanures	mg/kg	0,94	0,65	0,64	0,41	1,2	<0,2
Mercure	mg/kg	0,02	N.D. [B]	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Béryllium	mg/kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cadmium	mg/kg	0,2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Chrome	mg/kg	37	14	15	9,9	14	13
Cuivre	mg/kg	10	3,4	5,3	3,0	4,3	3,7
Nickel	mg/kg	**17** [A]	<10	<10	<10	<10	<10
Plomb	mg/kg	<20	3,5	<20	<20	<20	<20
Vanadium	mg/kg	24	8,5	9,7	7,4	11	10
Zinc	mg/kg	40	9,3	18	9,4	29	28
BPC totaux	mg/kg	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
HAP totaux	mg/kg	0,11	0,01	0,02	0,01	0,01	N.D.
Pesticides totaux	mg/kg	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Granulométrie							
Argile et colloïdes (< 0,0039 mm)	%	2,4	0	0	0	0	0
Limon (0,0039 mm à 0,0625 mm)	%	26,1	0	0	0,9	1,8	2,6
Sable (0,0625 mm à 2,0 mm)	%	64,9	98,8	98,6	97,6	96,4	95,3
Gravier (>2,0 mm)	%	1,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8

[A] Ces teneurs en arsenic et en nickel dépassent la concentration seuil produisant un effet (CSE) (CSE arsenic = 7,24 mg/kg ; CSE nickel = 15,9 mg/kg).

[B] N.D. : non détecté.

Source : Travaux publics Canada. 1991. Rapport d'analyse d'échantillons de sédiments, Îles-de-la-Madeleine. Préparé par Sauger Groupe-conseil inc., Québec (Québec), dossier T1-031.

Annexe A 4 Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments Cap-aux-Meules – Rade polyvalente Échantillonnage du 3 mars 1991

Paramètre analytique	Unité	No de l'échantillon		
		12	13	14
Phosphore total	mg/kg	179	176	208
Carbone organique total	%	0,08	0,06	0,14
Arsenic	mg/kg	0,7	0,9	0,8
Cyanure	mg/kg	0,95	0,82	0,63
Mercure	mg/kg	0,017	0,008	0,021
Béryllium	mg/kg	<2	<2	<2
Cadmium	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05
Chrome	mg/kg	11,1	10,6	11,6
Cuivre	mg/kg	4,12	4,12	5,15
Nickel	mg/kg	6,67	8,89	10,6
Plomb	mg/kg	1,55	1,03	1,55
Vanadium	mg/kg	<50	<50	<50
Zinc	mg/kg	12,4	11,3	15,6
BPC totaux	mg/kg	<0,06	<0,1	<0,06
Dioxines totales	ng/g	<0,049	<0,065	<0,075
Furannes totales	ng/g	<0,039	<0,027	<0,020
Huiles et graisses totales	mg/kg	<100	<100	<100
Pesticides totaux	mg/kg	<0,03	<0,07	<0,03
Granulométrie				
Argile et colloïdes (< 0,004 mm)	%	3,4	3,0	8,9
Limon (0,004 mm à 0,062 mm)	%	<1,2	<1,2	<1,2
Sable (0,062 mm à 2,0 mm)	%	96,4	97,0	91,0
Gravier (>2,0 mm)	%	0,2	<0,1	<0,1

Source : Travaux publics Canada. 1991. Échantillonnage et analyse de sédiments prélevés près d'infrastructures portuaires en Gaspésie et aux Îles-de-la-Madeleine. Préparé par Procéan inc., Québec (Québec), dossier 1-91-010, rapport no 1.

Annexe A 5 Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments Cap-aux-Meules – Chenal Échantillonnage effectué en août 1991

Paramètre analytique	Unité	No de l'échantillon					
		1	2	3	4	5	6
Phosphore total	mg/kg	182	171	124	261	147	347
Carbone total	%	0,35	0,39	0,37	0,68	0,43	1,91
Huiles et graisses minérales	mg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Arsenic	mg/kg	1,8	1,7	1,7	2,0	0,8	3,2
Cyanure	mg/kg	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Mercure	mg/kg	0,07	0,10	<0,03	<0,03	0,03	0,04
Béryllium	mg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Cadmium	mg/kg	0,27	0,16	0,11	0,10	<0,10	0,18
Chrome	mg/kg	9	6	5	11	10	26
Cuivre	mg/kg	5	4	3	8	2	12
Nickel	mg/kg	9	9	8	13	7	**20** [A]
Plomb	mg/kg	2	3	2	6	2	11
Vanadium	mg/kg	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Zinc	mg/kg	13	14	11	25	8,8	46
BPC totaux	mg/kg	<0,01	<0,02	<0,01	<0,02	<0,01	<0,02
Dioxines totales	µg/kg	<0,03	<0,03	<0,03	<0,05	<0,04	<0,1
Furannes totales	µg/kg	<0,04	<0,03	<0,03	<0,04	<0,05	<0,08
HAP totaux	mg/kg	<0,1	<0,1	<1,0	<0,1	<0,1	<0,3
Granulométrie							
Argile et colloïdes (< 0,004 mm)	%	0	8,2	0,0	6,2	0,0	12,2
Limon (0,004 mm à 0,062 mm)	%	3,6	8,5	2,2	8,8	2,5	16,6
Sable (0,062 mm à 2,0 mm)	%	96,4	82,9	97,1	84,3	97,2	67,5
Gravier fin (2,0 mm à 8,0 mm)	%	0	0,4	0,7	0,7	0,2	2,9
Gravier moyen (>8,0 mm)	%	0	0	0	0	0	0,9

[A] Cette teneur en nickel dépasse la concentration seuil produisant un effet (CSE nickel = 15,9 mg/kg).

Source : Travaux publics Canada. 1991. Analyse de sédiments (projets nos 776280 et 776462). Préparé par Laboratoire de génie sanitaire du Québec inc., Québec (Québec), dossier 1-91-101, rapport no 3.

Annexe A 6 Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments Cap-aux-Meules – Chenal Échantillonnage effectué les 4 et 5 juin 1992

Paramètre analytique	Unité	No de l'échantillon					
		1	2	3	4	5	6
Phosphore total	mg/kg	153	130	188	151	778	561
Carbone organique total	%	0,34	0,33	0,65	0,45	0,41	1,35
Huiles et graisses minérales	mg/kg	<100	<100	<100	<100	<100	210
Arsenic	mg/kg	0,89	0,70	1,33	1,07	0,93	3,15
Cyanure	mg/kg	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	0,35
Mercure	mg/kg	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05	0,07
Cadmium	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chrome	mg/kg	4,0	6,0	8,1	7,0	6,0	32,6
Cuivre	mg/kg	4,8	4,0	4,8	2,6	3,8	16,5
Nickel	mg/kg	3,5	6,0	7,1	6,0	4,5	**21,7** [A]
Plomb	mg/kg	1,2	1,1	1,9	1,2	1,3	10,3
Vanadium	mg/kg	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Zinc	mg/kg	6,3	6,4	10,8	6,4	6,4	49,2
BPC totaux	mg/kg	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,024	0,01
Dioxines totales	ng/kg	N.D. [B]	N.D.	81	N.D.	N.D.	240
Furannes totales	ng/kg	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
HAP totaux	mg/kg	<0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,33
Granulométrie							
Argile et colloïdes (< 0,004 mm)	%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	12,1
Limon (0,004 mm à 0,062 mm)	%	2,8	2,5	3,1	2,2	0,2	14,7
Sable (0,062 mm à 2,0 mm)	%	97,1	97,1	96,9	97,6	97,7	68,6
Gravier fin (2,0 mm à 8 mm)	%	0,1	0,4	0,0	0,3	0,3	4,5
Gravier moyen (>8 mm)	%	0	0	0	0	0	0,1

[A] Cette teneur en nickel dépasse la concentration seuil produisant un effet (CSE nickel = 15,9 mg/kg).

[B] N.D. : non détecté.

Source : Travaux publics Canada. 1992. Analyse de sédiments (projets nos 782686 et 782812 à 782818). Préparé par Laboratoire de génie sanitaire du Québec inc., Québec (Québec), dossier 1-92-065, rapport no 4.

Annexe A 7 Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments
Cap-aux-Meules – Rade polyvalente
Échantillonnage du 12 mai 1995

Paramètre analytique	Unité	No de l'échantillon		
		1	2	3
Carbone organique total	%	0,43	0,2	0,20
Huiles et graisses minérales	mg/kg	<50	<50	<50
Arsenic	mg/kg	2,1	1,6	1,5
Mercure	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05
Cadmium	mg/kg	<0,04	<0,04	<0,04
BPC totaux	mg/kg	<0,04	<0,04	<0,04
HAP totaux	mg/kg	<0,07	<0,07	<0,07
Granulométrie				
Argile et colloïdes (< 0,004 mm)	%	6,9	4,3	2,7
Limon (0,004 mm à 0,06 mm)	%	6,4	0,0	3,8
Sable fin (0,062 mm à 0,2 mm)	%	83,8	94,4	92,4
Sable grossier (0, 2 mm à 2 mm)	%	2,8	1,3	1,1
Gravier (>2 mm)	%	0,2	0,0	0,0

Source : Travaux publics Canada. 1995. Analyse de sédiments – Gaspésie et Îles-de-la-Madeleine. Préparé par Laboratoire de génie sanitaire du Québec inc., Québec (Québec), dossier 1-95-026, rapport no 1.

Annexe A 8 Synthèse des résultats des analyses chimiques des sédiments du chenal et de la rade polyvalente du havre de Cap-aux-Meules entre 1989 et 1995

Parmi toutes les analyses effectuées entre 1989 et 1995, les concentrations maximales acceptables définies par la LCPE ont été dépassées seulement à deux occasions, soit en octobre 1989 et en janvier 1990, où un des échantillons prélevés dans le chenal présentaient respectivement une concentration de 0,36 mg/kg de BPC et de 1,2 mg/kg de cadmium (Annexe A 1 et Annexe A 2). Cependant, comme les concentrations en BPC et en cadmium mesurées au même moment dans les autres échantillons du chenal étaient inférieures à la limite de détection et qu'une deuxième campagne de caractérisation des sédiments réalisée entre janvier et juillet 1990 n'a révélé aucune concentration de BPC supérieure à la limite de détection ainsi qu'aucune teneur en cadmium au-dessus de 0,2 mg/kg (Annexe A 3), les sédiments ont été jugés acceptables pour l'immersion en mer selon les règles en vigueur (Environnement Canada 1995). Par ailleurs, les concentrations produisant un effet probable (CEP) définis par les critères intérimaires de qualité des sédiments (Environment Canada 1995a) n'ont jamais été dépassés. Seules les concentrations seuils produisant un effet (CSE) ont été dépassées à sept reprises, soit un dépassement pour l'arsenic et 4 dépassements pour le nickel dans les échantillons prélevés en 1990 (Annexe A 2 et Annexe A 3), 2 dépassements pour le nickel dans un échantillon prélevé en 1991 et un autre en 1992 (Annexe A 5 et Annexe A 6). Les sédiments présentant des contaminations se situant entre le CSE et le CEP peuvent être considérés acceptables pour l'immersion en mer, mais il est recommandé d'appliquer des mesures particulières de contrôle lors du rejet et d'effectuer un suivi environnemental des sites de dépôt recevant ces sédiments.

Annexe B Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage des sédiments et des invertébrés benthiques

Annexe B Coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage des sédiments et des invertébrés benthiques

Zone	Échantillonnage des sédiments			Échantillonnage des invertébrés benthiques			Distance (m)
	Échantillon	Latitude	Longitude	Échantillon correspondant	Latitude	Longitude	
Monticulaire	A1a [A]	47°22'276	61°49'235	A1-3	47°22'275	61°49'235	8.70 [B]
	A1b [A]	47°22'274	61°49'248	A1-2	47°22'278	61°49'236	10.70 [B]
	A1c [A]	47°22'271	61°49'242	A1-5	47°22'273	61°49'233	10.80 [B]
	A2 [A]	47°22'301	61°49'192	A2-1	47°22'301	61°49'192	0.00
				A2-2	47°22'302	61°49'192	1.85
				A2-3	47°22'301	61°49'192	0.00
	A3	47°22'264	61°49'180	-	-	-	-
	A4 [A]	47°22'235	61°49'212	A4-1	47°22'237	61°49'213	3.90
				A4-2	47°22'231	61°49'210	7.75
				A4-3	47°22'235	61°49'212	0.00
	A5	47°22'230	61°49'270	-	-	-	-
	A6 [A]	47°22'278	61°49'298	A6-1	47°22'279	61°49'298	1.85
				A6-2	47°22'278	61°49'298	0.00
				A6-3	47°22'279	61°49'299	2.20
	A7	47°22'306	61°49'292	-	-	-	-
	A8	47°22'320	61°49'247	-	-	-	-
	B1 [A]	47°22'193	61°48'769	B1-2	47°22'194	61°48'770	2.20
				B1-3	47°22'196	61°48'768	5.70
				B1-4	47°22'193	61°48'769	0.00
	B2	47°22'224	61°48'766	-	-	-	-
	B3	47°22'182	61°48'732	-	-	-	-
	B4	47°22'149	61°48'771	-	-	-	-
	B5	47°22'153	61°48'817	-	-	-	-
	B6	47°22'189	61°48'852	-	-	-	-
	B7	47°22'225	61°48'819	-	-	-	-
	C1 [A]	47°22'009	61°49'056	C1-1	47°22'007	61°49'054	4.40
				C1-2	47°22'008	61°49'055	2.20
				C1-3	47°22'010	61°49'056	1.85
Intermonticulaire	D1 [A]	47°22'353	61°49'040	D1-1	47°22'351	61°49'041	3.90
				D1-2	47°22'353	61°49'040	0.00
				D1-3	47°22'352	61°49'042	3.10
	D2	47°22'308	61°48'842	-	-	-	-
	D3	47°22'237	61°49'042	-	-	-	-
	D4 [A]	47°22'149	61°49'307	D4-1	47°22'147	61°49'306	3.90
				D4-2	47°22'149	61°49'306	1.25
				D4-3	47°22'146	61°49'307	5.55
	D5 [A]	47°22'141	61°49'101	D5-2	47°22'140	61°49'101	1.85
				D5-3	47°22'141	61°49'101	0.00
				D5-6	47°22'141	61°49'102	1.25
	D6	47°22'096	61°48'977	-	-	-	-
	D7 [A]	47°22'058	61°48'850	D7-1	47°22'054	61°48'847	8.25
				D7-2	47°22'055	61°48'848	6.10
				D7-4	47°22'058	61°48'850	0.00
	D8	47°22'052	61°49'226	-	-	-	-
	IM4	47°22'320	61°49'113	-	-	-	-
	IM5	47°22'319	61°48'977	-	-	-	-
	IM20	47°22'060	61°49'107	-	-	-	-
	IM21	47°22'053	61°48'976	-	-	-	-
	IM24	47°21'960	61°48'976	-	-	-	-
Rapprochée	ZR1	47°22'443	61°48'908	-	-	-	-
	ZR2	47°22'451	61°48'940	-	-	-	-
	ZR3 [A]	47°22'186	61°48'635	ZR3-1	47°22'186	61°48'635	0.00
				ZR3-2	47°22'184	61°48'634	3.90
				ZR3-4	47°22'184	61°48'634	3.90

Zone	Échantillonnage des sédiments			Échantillonnage des invertébrés benthiques			Distance (m)
	Échantillon	Latitude	Longitude	Échantillon correspondant	Latitude	Longitude	
	ZR4	47°22'030	61°48'709	-	-	-	-
	ZR5 [A]	47°21'927	61°48'918	ZR5-1	47°21'926	61°48'916	3.10
				ZR5-2	47°21'927	61°48'918	0.00
				ZR5-3	47°21'927	61°48'917	1.25
	ZR6	47°21'931	61°49'170	-	-	-	-
	ZR7	47°22'035	61°49'366	-	-	-	-
	ZR8 [A]	47°22'182	61°49'440	ZR8-1	47°22'182	61°49'440	0.00
				ZR8-2	47°22'184	61°49'439	3.90
				ZR8-3	47°22'182	61°49'440	0.00
	ZR9	47°22'344	61°49'364	-	-	-	-
	ZR10	47°22'443	61°49'170	-	-	-	-
Éloignée	ZE1	47°22'614	61°48'557	-	-	-	-
	ZE2	47°22'350	61°48'280	-	-	-	-
	ZE3 [A]	47°22'027	61°48'280	ZE3-1	47°22'027	61°48'182	122.50
				ZE3-2	47°22'027	61°48'181	123.75
				ZE3-3	47°22'026	61°48'179	126.25
	ZE4	47°21'751	61°48'567	-	-	-	-
	ZE5 [A]	47°21'643	61°49'040	ZE5-2	47°21'643	61°49'040	0.00
				ZE5-3	47°21'643	61°49'040	0.00
				ZE5-5	47°21'643	61°49'040	0.00
	ZE6	47°21'752	61°49'526	-	-	-	-
	ZE7	47°22'025	61°49'808	-	-	-	-
	ZE8 [A]	47°22'349	61°49'812	ZE8-1	47°22'350	61°49'810	3.10
				ZE8-3	47°22'349	61°49'809	3.75
				ZE8-4	47°22'350	61°49'812	1.85
	ZE9	47°22'620	61°49'522				-
	ZE10	47°22'727	61°49'041	-	-	-	-
Référence	REF1a [A]	47°22'025	61°46'230	REF1-5	47°22'025	61°46'229	8.15 [C]
	REF1b [A]	47°22'020	61°46'220	REF1-1	47°22'028	61°46'228	12.40 [C]
	REF1c [A]	47°22'020	61°46'224	REF1-4	47°22'024	61°46'230	8.00 [C]
	REF2	47°22'200	61°46'006	-	-	-	-
	REF3 [A]	47°21'945	61°45'880	REF3-3	47°21'940	61°45'878	9.50
				REF3-4	47°21'944	61°45'879	2.10
				REF3-5	47°21'946	61°45'880	1.85
				REF3-6	47°21'943	61°45'877	5.25
	REF4	47°21'788	61°46'224	-	-	-	-
	REF5 [A]	47°21'949	61°46'571	REF5-1	47°21'944	61°46'572	9.35
				REF5-3	47°21'952	61°46'573	6.10
				REF5-5	47°21'950	61°46'568	4.10
				REF5-6	47°21'949	61°46'567	5.00
	REF6	47°22'212	61°46'413	-	-	-	-

[A] Ces échantillons ont servi aux mesures du potentiel d'oxydoréduction, de la teneur en sulfures et en azote ammoniacal et aux biotessais de toxicité.

[B] Ces distances ont été calculées à partir de la position moyenne des échantillons de sédiments de la station A-1.

[C] Ces distances ont été calculées à partir de la position moyenne des échantillons de sédiments de la station REF-1.

Annexe C Teneurs en HAP et en BPC dans les sédiments

NOVAMANN
INTERNATIONAL

Laboratoires Analytiques de Qualité
Quality Analytical Laboratories

Environnement Canada
Centre St-Laurent
105 rue McGill,
4e Étage,
Montréal, Québec
H2Y 2E7

Le 18 décembre 1996

Votre cde.: KA351-6-7960

du rapport: NM-36931

Attention : M. André Fouquet

Analyse des sédiments marins

Monsieur,

Un groupe de soixante (60) sédiments marins ont été reçus à Novamann (Québec) le 7 novembre 1996. Ces échantillons ont été analysés pour les biphényles polychlorés (comme Aroclors), et pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques. Les échantillons ont été gardés à 4°C. dans les contenants de métal scellés, et les dates d'extraction ont été le 14, 15, 22, 25, et 26 novembre 1996. Les protocoles d'extractions et d'analyses sont décrits ci-dessous.

MÉTHODOLOGIE:

Les extractions ont été faites par extraction à ultrason (Misonix, modèle XL2020, 550W). Une aliquote de dix (10) grammes de l'échantillon humide a été séchée avec du sulfate de sodium anhydre, et extraite 2 fois pendant 4 minutes dans 100mL de 20% acetone:dichlorométhane.

Analyse des Biphényles polychlorés

Une aliquote de dix (10) millitres de l'extrait brute a été traité avec le cuivre granulaire pour enlever le soufre, et le solvant a été echangé pour de l'hexane. Dans l'étape de purification, une aliquote d'un millilitre a été appliquée sur une cartouche de Florisil (1g), et éluée avec de l'hexane. Ce volume a été concentré à 1mL.

L'analyse instrumentale a été accomplie par injection "splitless" dans un appareil Hewlett-Packard 5890 série II muni d'une colonne de silice fusée analytiques : DB-5 (30m x 0.25mm d.i). Les données ont été traitées par un système Chem-Station de Hewlett-Packard. Les résultats sont rapportés sur base de poids sec.

Analyse des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Une aliquote de un (1) millilitre de l'extrait brute a été purifiée par une étape de

NOVAMANN
INTERNATIONAL

chromatographie d'exclusion sur gel (GPC - système Spectra-Physics AS3000 muni d'une colonne PLGel (7.5mm x 600mm) et ensuite analysée par gc/ms dans le mode de surveillance sélective des ions (Hewlett-Packard MSD). Le solvant d'élution de GPC était du dichlorométhane. L'extrait final a été échangé avec du toluène et concentré à 1mL.

L'appareil était un chromatographe en phase gazeuse Hewlett-Packard 5890 série II, muni d'un détecteur MSD 5971, et une colonne de silice fusée DB-5 (30m x 0.25mm d.i.). La programmation de température était entre 80°C - 300°C. Le volume d'injection a été 4μl, par "pressure burst", dans le mode "splitless". Les données ont été traitées par un système Chem-Station de Hewlett-Packard. Les résultats sont rapportés sur base de poids sec.

CONTROLE DE LA QUALITÉ :

Le système de gc/ms était calibré avec des solutions étalons qui contenaient des composés d'intérêts ainsi que des composés deutérés et des étalons internes fluoranthène-d10 (HPA), ou le décafluorobiphényle (gc/ecd). La quantification a été faite par la méthode d'étalon interne.

Les échantillons des sédiments marins ont été extraits en six (6) groupes. Chaque groupe consistait de dix (10) échantillons de sédiments, un (1) échantillon analysé en duplicata, un (1) échantillon fortifié du laboratoire, et un (1) blanc de méthode. De plus, un échantillon de matériau de référence certifié a été analysé avec chaque groupe pour un total de trois (3) MRC pour les BPC et 3 MRC pour les HAP.

Les étalons "surrogate" ont été ajoutés à chaque échantillon pour vérifier la récupération des analytes. Les composés ajoutés ont été le d8-naphtalène, d10-anthracène, d10-pyrène et d12-benzo(a)pyrène pour les HAP et le congénère 209 (décachlorobiphényle) pour les biphényles polychlorés. Les diagrammes de contrôle pour ces analyses sont inclus dans l'Annexe.

Les tableaux de résultats d'analyses, les récupérations des MRC, et copies des chromatogrammes sont ci-joints. Toutes les données seront conservées en filière.

Recevez, Monsieur, l'assurance de nos sentiments les meilleurs.

NOVAMANN (QUÉBEC INC.

B.E. Crowley, B.Sc.

CHIMISTE
Claude Roger
Dupressoir
90-047
QUÉBEC

Approuvé par C.R. Dupressoir, Ph.D., chimiste

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Matériaux de Référence Certifiés - Sommaire des Récupérations

	Composé	Groupe 1 Conc. Déterminé (ppm)	Groupe 1 Valeur Certifié (ppm)	Groupe 1 Récup. (%)	Groupe 2 Conc. Déterminé (ppm)	Groupe 2 Valeur Certifié (ppm)	Groupe 2 Récup. (%)	Groupe 3 Conc. Déterminé (ppm)	Groupe 3 Valeur Certifié (ppm)	Groupe 3 Récup. (%)	Groupe 4 Conc. Déterminé (ppm)	Groupe 4 Valeur Certifié (ppm)	Groupe 4 Récup. (%)	Groupe 5 Conc. Déterminé (ppm)	Groupe 5 Valeur Certifié (ppm)	Groupe 5 Récup. (%)	Groupe 6 Conc. Déterminé (ppm)	Groupe 6 Valeur Certifié (ppm)	Groupe 6 Récup. (%)
BPC																			
HS-2	Aroclor 1242		n/a						n/a						n/a				
	Aroclor 1248		n/a						n/a						n/a				
	Aroclor 1254	0.1	0.11	91				0.11	0.11	100					0.11	100			
	Aroclor 1260		n/a						n/a						n/a				
HAP																			
HS-3	Naphtalène				6.9	9.0 ±0.7	77				5	9.0 ±0.7	56				4.3	9.0 ±0.7	48
	Acénaphylène				0.51	0.3 ± 0.1	170				0.44	0.3 ± 0.1	145				0.33	0.3 ± 0.1	110
	Acénaphtène				3.1	4.5 ± 1.5	70				2.7	4.5 ± 1.5	60				2.1	4.5 ± 1.5	47
	Fluorène				7.3	13.3 ± 3.1	55				6	13.3 ± 3.1	45				4.8	13.3 ± 3.1	36
	Phénanthrène				79	85 ± 20	93				49.3	85 ± 20	58				52.9	85 ± 20	62
	Anthracène				5.5	13.4 ± 0.5	41				5.1	13.4 ± 0.5	38				3.3	13.4 ± 0.5	25
	Fluoranthène				53.4	60 ± 9	89				14.9	60 ± 9	47				47.2	60 ± 9	79
	Pyrène				34.2	39 ± 9	88				24.6	39 ± 9	63				26.3	39 ± 9	68
	Benzo(a)anthracène				12.4	14.6 ± 2.0	85				10.4	14.6 ± 2.0	71				8.3	14.6 ± 2.0	57
	Chrysène				13.1	14.1 ± 2.0	93				11.3	14.1 ± 2.0	80				8.9	14.1 ± 2.0	63
	Benzo(b+j+k)fluoranthène				14.6	*10.5 ±3.2	139				12.9	* 10.5 ±3.2	126				9.5	* 10.5 ±3.2	90
	Benzo(a)pyrène				5.9	7.4 ± 3.6	80				5.3	7.4 ± 3.6	71				3.6	7.4 ± 3.6	49
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène				3.9	5.4 ± 1.3	73				2.8	5.4 ± 1.3	51				1.8	5.4 ± 1.3	32
	Dibenz(a,h)anthracène				1.2	1.3 ± 0.5	91				0.81	1.3 ± 0.5	62				0.49	1.3 ± 0.5	38
	Benzo(g,h,i)perylène				4.3	5.0 ± 2.0	86				3.1	5.0 ± 2.0	61				2.1	5.0 ± 2.0	42
	1,2,3,4-Tétrahydronaphtalène					n/a						n/a						n/a	
	2-Methylnaphtalène					n/a						n/a						n/a	
	1-Methylnaphtalène					n/a						n/a						n/a	
	2-Chloronaphtalène					n/a						n/a						n/a	

* = Certifié pour benzo(b)fluoranthène et benzo(k)fluoranthène seulement.

ANNEXE 1

RÉSULTATS D'ANALYSE

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 29/11/96 # DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164495	164495	164497	164498	164499	164500	164501	164502	
# échantillon Paramètre	1 96-3195	96-3195 DUP	2 96-3196	3 96-3197	4 96-3198	5 96-3199	7 96-3200	8 96-3201	LD
% Humidité	29	29	29	29	25	29	30	31	
Naphtalène	0.2	0.1	0.1	ND	0.1	ND	0.1	0.1	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(ghi)pérylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Methylnaphthalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chloronaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3195	96-3195 DUP	96-3196	96-3197	96-3198	96-3199	96-3200	96-3201	
D8-NAPHTHALENE	106	89	66	82	73	91	94	87	
D10-ANTHRACENE	89	94	90	86	94	96	93	81	
D10-PYRENE	91	87	87	91	93	92	94	90	
D12-BENZO(A)PYRENE	80	65	86	65	68	63	75	61	

ND = Non Détecté
LD = Limite de détection

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 29/11/96 # DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164504	164505	164506			
Paramètre	9 96-3202	10 96-3203	11 96-3204	SPIKE %REC	BLANC	LD
% Humidité	29	25	31			
Naphtalène	0.1	ND	ND	86	ND	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	100	ND	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	121	ND	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	114	ND	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	99	ND	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	98	ND	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	109	ND	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	110	ND	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	76	ND	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	110	ND	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	91	ND	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	80	ND	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	71	ND	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	70	ND	0.1
Benzo(ghi)pérylène	ND	ND	ND	79	ND	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1
1-Methylnaphthalène	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1
2-Chloronaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3202	96-3203	96-3204	SPIKE %REC	BLANC	
D8-NAPHTHALENE	73	80	96	69	44	
D10-ANTHRACENE	83	88	78	89	90	
D10-PYRENE	87	89	76	97	86	
D12-BENZO(A)PYRENE	62	61	44	75	84	

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire.

État des échantillons à l'arrivée: BON

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164507	164507	164508	164509	164510	164511	164512	164513	
Paramètre	12 96-3205	96-3205 DUP	13 96-3206	14 96-3207	15 96-3208	16 96-3209	17 96-3210	18 96-3211	LD
% Humidité	31	31	27	29	27	30	26	26	
Naphtalène	ND	ND	ND	0.1	0.1	ND	ND	0.1	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(ghi)pérylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Methylnaphthalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chloronaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3205	96-3205 DUP	96-3206	96-3207	96-3208	96-3209	96-3210	96-3211	
D8-NAPHTHALENE	58	51	65	75	93	44	54	69	
D10-ANTHRACENE	84	94	90	97	82	87	80	96	
D10-PYRENE	98	98	95	102	95	95	100	108	
D12-BENZO(A)PYRENE	94	99	100	107	92	98	97	104	

ND = Non Détecté
LD = Limite de détection

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164514	164515	164518				
Paramètre	19 96-3212	20 96-3213	21 96-3214	SPIKE %REC	BLANC	QC %REC	LD
% Humidité	31	28	30				
Naphtalène	0.1	ND	0.1	96	0.1	77	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	116	ND	170	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	120	ND	70	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	115	ND	55	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	111	ND	93	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	117	ND	41	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	123	ND	89	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	116	ND	88	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	111	ND	85	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	116	ND	93	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	114	ND	139	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	117	ND	80	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	107	ND	73	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	106	ND	91	0.1
Benzo(ghi)pérylène	ND	ND	ND	106	ND	86	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
1-Methylnaphthalène	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
2-Chloronaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

'E DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3212	96-3213	96-3214	SPIKE %REC	BLANC	QC %REC	
D8-NAPHTHALENE	89	60	41	78	84	123	
D10-ANTHRACENE	94	79	82	103	93	130	
D10-PYRENE	105	92	97	108	100	126	
D12-BENZO(A)PYRENE	101	88	90	114	101	127	

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection
QC = Étalon QC

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire.

État des échantillons à l'arrivée: BON

QC %REC = Sédiment marin HS-3 certifié de 0.3-85ppm.

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

'E DU RAPPORT: 29/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164522	164522	164524	164525	164526	164527	164528	164529	
Paramètre	22 96-3215	96-3215 DUP	39 96-3216	44 96-3217	45 96-3218	23 96-3219	24 96-3220	25 96-3221	LD
% Humidité	24	24	27	28	26	30	25	21	
Naphtalène	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(ghi)périylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
1ethylnaphthalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chloronaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3215	96-3215 DUP	96-3216	96-3217	96-3218	96-3219	96-3220	96-3221	
D8-NAPHTHALENE	67	75	61	77	58	57	77	72	
D10-ANTHRACENE	99	104	91	99	102	105	98	107	
D10-PYRENE	106	113	106	105	104	109	97	110	
D12-BENZO(A)PYRENE	111	103	108	108	97	103	96	105	

ND = Non Détecté
LD = Limite de détection

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
OIQ

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

'E DU RAPPORT: 29/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164530	164531	164532			
Paramètre	26 96-3222	27 96-3223	28 96-3224	SPIKE %REC	BLANC	LD
% Humidité	27	25	25			
Naphtalène	0.3	0.3	0.4	80	ND	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	97	ND	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	89	ND	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	102	ND	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	115	ND	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	109	ND	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	112	ND	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	110	ND	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	110	ND	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	113	ND	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	100	ND	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	113	ND	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	97	ND	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	95	ND	0.1
Benzo(ghi)périlène	ND	ND	ND	97	ND	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1
1-Methylnaphthalène	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1
2-Chloronaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3222	96-3223	96-3224	SPIKE %REC	BLANC	
D8-NAPHTHALENE	92	81	83	54	45	
D10-ANTHRACENE	102	109	91	99	103	
D10-PYRENE	104	114	103	105	113	
D12-BENZO(A)PYRENE	103	99	89	99	108	

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire.

État des échantillons à l'arrivée: BON

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164533	164533	164534	164535	164536	164537	164538	164539	
Paramètre	29 96-3225	96-3225 DUP	30 96-3226	31 96-3227	32 96-3228	33 96-3229	34 96-3230	35 96-3231	LD
% Humidité	29	29	28	30	30	31	21	28	
Naphtalène	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(ghi)périylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Methylnaphthalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chloronaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3225	96-3225 DUP	96-3226	96-3227	96-3228	96-3229	96-3230	96-3231	
D8-NAPHTHALENE	85	87	90	84	72	89	90	86	
D10-ANTHRACENE	95	96	96	94	91	97	96	96	
D10-PYRENE	117	110	108	108	102	110	109	113	
D12-BENZO(A)PYRENE	88	85	84	87	86	93	90	85	

ND = Non Détecté
LD = Limite de détection

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6216 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164540	164541	164542				
Paramètre	36 96-3232	37 96-3233	38 96-3234	SPIKE %REC	BLANC	QC %REC	LD
% Humidité	39	25	27				
Naphtalène	0.2	0.2	0.2	97	0.2	56	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	100	ND	145	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	88	ND	60	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	112	ND	45	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	120	ND	58	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	119	ND	38	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	108	ND	47	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	112	ND	63	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	120	ND	71	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	119	ND	80	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	115	ND	126	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	118	ND	71	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	99	ND	51	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	96	ND	62	0.1
Benzo(ghi)pérylène	ND	ND	ND	100	ND	61	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
1-Methylnaphthalène	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
2-Chloronaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE (1) Lorena Di Benedetto 90-157 QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3232	96-3233	96-3234	SPIKE %REC	BLANC	QC %REC	
D8-NAPHTHALENE	83	81	86	87	97	106	
D10-ANTHRACENE	100	95	97	102	100	119	
D10-PYRENE	112	111	115	113	110	133	
D12-BENZO(A)PYRENE	72	85	86	91	72	99	

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection
QC = Étalon QC

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire.

État des échantillons à l'arrivée: BON

QC %REC= Sédiment marin HS-3 certifié de 0.3-85ppm.

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 28/11/96 # DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164543	164544	164545	164546	164546	164547	164548	164549	
Paramètre	46 96-3235	47 96-3236	48 96-3237	49 96-3238	96-3238 DUP	50 96-3239	51 96-3240	52 96-3241	LD
% Humidité	27	26	29	24	24	24	18	27	
Naphtalène	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(ghi)périylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Methylnaphthalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chloronaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3235	96-3236	96-3237	96-3238	96-3238 DUP	96-3239	96-3240	96-3241	
D8-NAPHTHALENE	82	80	81	80	82	89	86	88	
D10-ANTHRACENE	90	98	92	96	88	93	92	92	
D10-PYRENE	105	114	107	105	102	106	105	98	
D12-BENZO(A)PYRENE	72	82	85	79	78	74	72	72	

ND = Non Détecté
LD = Limite de détection

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 28/11/96 # DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164550	164551	164552			
Paramètre	53 96-3242	54 96-3243	55 96-3244	SPIKE %REC	BLANC	LD
% Humidité	26	29	29			
Naphtalène	0.1	0.3	0.2	90	0.2	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	105	ND	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	109	ND	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	122	ND	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	132	ND	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	128	ND	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	120	ND	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	121	ND	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	134	ND	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	130	ND	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	132	ND	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	121	ND	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	88	ND	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	82	ND	0.1
Benzo(ghi)pérylène	ND	ND	ND	89	ND	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1
1-Methylnaphthalène	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1
2-Chloronaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	0.1

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3242	96-3243	96-3244	SPIKE %REC	BLANC	
D8-NAPHTHALENE	52	91	83	67	82	
D10-ANTHRACENE	96	96	95	97	93	
D10-PYRENE	106	110	114	114	109	
D12-BENZO(A)PYRENE	78	82	72	86	75	

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire.

État des échantillons à l'arrivée: BON

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUEBEC

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

'E DU RAPPORT: 29/11/96 # DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164553	164553	164554	164555	164556	164557	164558	164559	
Paramètre	56 96-3245	96-3245 DUP	57 96-3246	58 96-3247	59 96-3248	60 96-3249	61 96-3250	62 96-3251	LD
% Humidité	32	32	27	29	27	25	19	21	
Naphtalène	0.1	0.1	ND	0.1	0.1	ND	ND	0.1	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Benzo(ghi)pérylène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Methylnaphthalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Chloronaphtalène	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3245	96-3245 DUP	96-3246	96-3247	96-3248	96-3249	96-3250	96-3251	
D8-NAPHTHALENE	63	63	50	58	66	51	74	75	
D10-ANTHRACENE	124	97	100	102	105	107	121	112	
D10-PYRENE	143	98	108	107	110	116	125	119	
D12-BENZO(A)PYRENE	116	93	99	95	101	106	99	106	

ND = Non Détecté
LD = Limite de détection

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 29/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164560	164561	164562				
Paramètre	63 96-3252	64 96-3253	65 96-3254	SPIKE %REC	BLANC	QC %REC	LD
% Humidité	26	20	22				
Naphtalène	0.2	ND	ND	137	0.1	48	0.1
Acénaphtylène	ND	ND	ND	114	ND	110	0.1
Acénaphtène	ND	ND	ND	127	ND	47	0.1
Fluorène	ND	ND	ND	138	ND	36	0.1
Phénanthrène	ND	ND	ND	150	ND	62	0.1
Anthracène	ND	ND	ND	142	ND	25	0.1
Fluoranthène	ND	ND	ND	141	ND	79	0.1
Pyrène	ND	ND	ND	140	ND	68	0.1
Benzo(a)anthracène	ND	ND	ND	132	ND	57	0.1
Chrysène	ND	ND	ND	139	ND	63	0.1
Benzo(b+j+k)fluoranthène	ND	ND	ND	133	ND	90	0.1
Benzo(a)pyrène	ND	ND	ND	135	ND	49	0.1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	ND	ND	ND	128	ND	32	0.1
Dibenz(a,h)anthracène	ND	ND	ND	126	ND	38	0.1
Benzo(ghi)périylène	ND	ND	ND	131	ND	42	0.1
1234Tetrahydronaphtalene (tetralin)	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
2-Methylnaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
1-Methylnaphthalène	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
2-Chloronaphtalène	ND	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

'E DU RAPPORT: 29/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3252	96-3253	96-3254	SPIKE %REC	BLANC	QC %REC	
D8-NAPHTHALENE	109	76	57	101	86	97	
D10-ANTHRACENE	119	118	104	116	95	94	
D10-PYRENE	125	110	109	124	111	103	
D12-BENZO(A)PYRENE	111	115	95	99	100	74	

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection
QC = Étalon QC

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire.

État des échantillons à l'arrivée: BON

QC %REC = Sédiment marin HS-3 certifié de 0.3-85ppm.

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

'E DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164495	164495	164497	164498	164499	164500	164501	164502	164504	
# échantillon Paramètre	1 96-3195	96-3195 DUP	2 96-3196	3 96-3197	4 96-3198	5 96-3199	7 96-3200	8 96-3201	9 96-3202	LD
% Humidité	29	29	29	29	25	29	30	31	29	
Arochlor 1242	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1248	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1254	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1260	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
BPC Totale	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3195	96-3195 DUP	96-3196	96-3197	96-3198	96-3199	96-3200	96-3201	96-3202
DECACHLOROBIPHENYL	85	95	85	104	92	110	86	97	77

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

'E DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164505	164506					
Paramètre	LD 96-3203	LL 96-3204	SPIKE %REC	BLANC	LD	QC %REC	LD
% Humidité	25	31					
Arochlor 1242	ND	ND	N/A	ND	0.1	N/A	0.1
Arochlor 1248	ND	ND	N/A	ND	0.1	N/A	0.1
Arochlor 1254	ND	ND	109	ND	0.1	91	0.1
Arochlor 1260	ND	ND	N/A	ND	0.1	N/A	0.1
BPC Totale	ND	ND	N/A	ND	N/A	N/A	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3203	96-3204	SPIKE %REC	BLANC		QC %REC
DECACHLOROBIPHENYL	97	95	104	84		70

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection
QC = Étalon QC

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire. Limites de contrôle pour le spike (%) = 65-130

État des échantillons à l'arrivée: BON

QC %REC = Sédiment marin HS-2 certifié a 0.11ppm.

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

E DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164507	164507	164508	164509	164510	164511	164512	164513	164514	
Paramètre	12 96-3205	96-3205 DUP	13 96-3206	14 96-3207	15 96-3208	16 96-3209	17 96-3210	18 96-3211	19 96-3212	LD
% Humidité	31	31	27	29	27	30	26	26	31	
Arochlor 1242	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1248	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1254	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1260	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
BPC Totale	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3205	96-3205 DUP	96-3206	96-3207	96-3208	96-3209	96-3210	96-3211	96-3212
DECACHLOROBIPHENYL	85	81	77	94	72	83	78	83	85

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

E DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164515	164518			
Paramètre	20 96-3213	21 96-3214	SPIKE %REC	BLANC	LD
% Humidité	28	30			
Arochlor 1242	ND	ND	N/A	ND	0.1
Arochlor 1248	ND	ND	N/A	ND	0.1
Arochlor 1254	ND	ND	98	ND	0.1
Arochlor 1260	ND	ND	N/A	ND	0.1
BPC Totale	ND	ND	N/A	ND	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3213	96-3214	SPIKE %REC	BLANC
DECACHLOROBIPHENYL	87	77	100	90

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire. Limites de contrôle pour le spike (%) = 65-130

État des échantillons à l'arrivée: BON

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164522	164522	164524	164525	164526	164527	164528	164529	164530	
Paramètre	22 96-3215	96-3215 DUP	39 96-3216	44 96-3217	45 96-3218	23 96-3219	24 96-3220	25 96-3221	26 96-3222	LD
% Humidité	24	24	27	28	26	30	25	21	27	
Arochlor 1242	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1248	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1254	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1260	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
BPC Totale	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3215	96-3215 DUP	96-3216	96-3217	96-3218	96-3219	96-3220	96-3221	96-3222
DECACHLOROBIPHENYL	86	72	95	76	95	72	106	66	107

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 28/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164531	164532				
Paramètre	27 96-3223	28 96-3224	SPIKE %REC	BLANC	QC %REC	LD
% Humidité	25	25				
Arochlor 1242	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
Arochlor 1248	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
Arochlor 1254	ND	ND	84	ND	100	0.1
Arochlor 1260	ND	ND	N/A	ND	N/A	0.1
BPC Totale	ND	ND	N/A	ND	N/A	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-3223	96-3224	SPIKE %REC	BLANC	QC %REC
DECACHLOROBIPHENYL	68	130	88	95	69

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection
QC = Étalon QC

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire. Limites de contrôle pour le spike (%) = 65-130

État des échantillons à l'arrivée: BON

QC %REC = HS-2 certifié à 0.11ppm.

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 29/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164533	164533	164534	164535	164536	164537	164538	164539	164540	164541	164542	
Paramètre	96-322 29 5	96-322 5 DUP	96-322 30 6	96-322 31 7	96-322 32 8	96-322 33 9	96-323 34 0	96-323 35 1	96-323 36 2	96-323 37 3	96-323 38 4	LD
% Humidité	29	29	28	30	30	31	21	28	39	25	27	
Arochlor 1242	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1248	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1254	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1260	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
BPC Totale	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-322 5	96-322 5 DUP	96-322 6	96-322 7	96-322 8	96-322 9	96-323 0	96-323 1	96-323 2	96-323 3	96-323 4
DECACHLOROBIPHENYL	84	103	104	94	93	85	98	97	83	77	99

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 29/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann			
Paramètre	SPIKE %REC	BLANC	LD
% Humidité			
Arochlor 1242	N/A	ND	0.1
Arochlor 1248	N/A	ND	0.1
Arochlor 1254	104	ND	0.1
Arochlor 1260	N/A	ND	0.1
BPC Totale	N/A	ND	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	SPIKE %REC	BLANC
DECACHLOROBIPHENYL	100	76

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire. Limites de contrôle pour le spike (%) = 65-130

État des échantillons à l'arrivée: BON

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 29/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164543	164544	164545	164546	164546	164547	164548	164549	164550	164551	164552	
Paramètre	96-323 46 5	96-323 47 6	96-323 48 7	96-323 49 8	96-323 8 DUP	96-323 50 9	96-324 51 0	96-324 52 1	96-324 53 2	96-324 54 3	96-324 55 4	LD
% Humidité	27	26	29	24	24	24	18	27	26	29	29	
Arochlor 1242	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1248	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1254	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1260	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
BPC Totale	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-323 5	96-323 6	96-323 7	96-323 8	96-323 8 DUP	96-323 9	96-324 0	96-324 1	96-324 2	96-324 3	96-324 4
DECACHLOROBIPHENYL	83	105	87	103	102	97	76	93	100	104	88

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

TE DU RAPPORT: 29/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann				
Paramètre	SPIKE %REC	BLANC	QC %REC	LD
% Humidité				
Arochlor 1242	N/A	ND	N/A	0.1
Arochlor 1248	N/A	ND	N/A	0.1
Arochlor 1254	100	ND	100	0.1
Arochlor 1260	N/A	ND	N/A	0.1
BPC Totale	N/A	ND	N/A	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	SPIKE %REC	BLANC	QC %REC
DECACHLOROBIPHENYL	87	84	77

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection
QC = Étalon QC

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire. Limites de contrôle pour le spike (%) = 65-130

État des échantillons à l'arrivée: BON

QC %REC = HS-2 certifié à 0.11ppm.

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

\TE DU RAPPORT: 29/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann	164553	164553	164554	164555	164556	164557	164558	164559	164560	164561	164562	
Paramètre	96-324 56 5	96-324 5 DUP	96-324 57 6	96-324 58 7	96-324 59 8	96-324 60 9	96-325 61 0	96-325 62 1	96-325 63 2	96-325 64 3	96-325 65 4	LD
% Humidité	32	32	27	29	27	25	19	21	26	20	22	
Arochlor 1242	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1248	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1254	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
Arochlor 1260	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
BPC Totale	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	96-324 5	96-324 5 DUP	96-324 6	96-324 7	96-324 8	96-324 9	96-325 0	96-325 1	96-325 2	96-325 3	96-325 4
DECACHLOROBIPHENYL	101	116	88	95	114	87	112	110	74	90	96

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

NOVAMANN INTERNATIONAL

\TE DU RAPPORT: 29/11/96

DE DOSSIER NOVAMANN: 9605807

BPC DANS LES ECHANTILLONS DE SEDIMENT
(mg/kg)

ID Novamann			
Paramètre	SPIKE %REC	BLANC	LD
% Humidité			
Arochlor 1242	N/A	ND	0.1
Arochlor 1248	N/A	ND	0.1
Arochlor 1254	112	ND	0.1
Arochlor 1260	N/A	ND	0.1
BPC Totale	N/A	ND	N/A

Récupération des Surrogates
(%)

Paramètre	SPIKE %REC	BLANC
DECACHLOROBIPHENYL	98	96

ND = Non Détecté
N/A = Non Applicable
LD = Limite de détection

Veuillez noter que les résultats ci-dessus n'ont pas été corrigés pour le pourcentage de récupération du spike, le pourcentage de récupération des surrogates et les valeurs du blanc de laboratoire. Limites de contrôle pour le spike (%) = 65-130

État des échantillons à l'arrivée: BON

LORENA DI BENEDETTO, B.Sc., chimiste

CHIMISTE
Lorena Di Benedetto
90-157
QUÉBEC

NOVAMANN (Québec) Inc., 9420 Côte de Liesse, Lachine, Québec H8T 1A1 - Tél.: (514) 636-6218 - Fax (514) 631-9814

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Annexe D Protocoles suivis pour les analyses physico-chimiques, la mesure de l'activité exoenzymatique aminopeptidase *in situ* et les bioessais de toxicité

Annexe D Protocoles suivis pour les analyses physico-chimiques, la mesure de l'activité exoenzymatique aminopeptidase *in situ* et les bioessais de toxicité

Analyse	Laboratoires d'analyses	Méthode	Limite de détection [A]	Volume requis (ml)
Analyses physico-chimiques				
Granulométrie	Centre Saint-Laurent	Méthode CPQ007SO, Laboratoire Centre Saint-Laurent, Environnement Canada		250
COT	Centre Saint-Laurent	Méthode CPQ115SO, Laboratoire Centre Saint-Laurent, Environnement Canada	0,26 %	250
As	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	2,0 mg/kg	250 [C]
Be	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	0,05 mg/kg	
Cd	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	0,25 mg/kg	
Cr	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	0,25 mg/kg	
Co	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	0,25 mg/kg	
Cu	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	0,25 mg/kg	
Hg	Centre Saint-Laurent	Méthode NAQUADAT 80050, section 8.1Environnement Canada, 1979.	0,01 mg/kg	
Ni	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	0,25 mg/kg	
Pb	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	0,7 mg/kg	
Se	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	3,0 mg/kg	
Sn	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	3,0 mg/kg	
V	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	0,2 mg/kg	
Zn	Centre Saint-Laurent	Méthodes 3050 et 6010, U.S. EPA 1986 [B]	0,1 mg/kg	
BPC	Novamann International	Méthode 89.07/410-P.Oc.1.1, MENVIQ 1989 [D]	0,1 mg/kg	230
HAP haut PM [E]	Novamann International	Méthode 8270, U.S. EPA 1986 [F]	0,1 mg/kg	250
HAP bas PM	Novamann International	Méthode 8270, U.S. EPA 1986	0,1 mg/kg	250

Analyse	Laboratoires d'analyses	Méthode	Limite de détection [A]	Volume requis (ml)
Azote ammoniacal (eau interstitielle)	Centre Saint-Laurent	Méthodes 4500-NH_3, B et H., American Public Health Association, 1992	0,5 mg N/L	60
Sulfures totaux	Institut d'océanographie Bedford	Méthode par électrode sélective, Procédure d'opération normalisée # 29, Environment Canada 1995b	0,4 mg/kg	100
Potentiel Redox	Institut d'océanographie Bedford	Méthode par électrode sélective, Procédure d'opération normalisée # 29, Environment Canada 1995b		
Mesures in situ				
Act.exo.AMPase [G]	Institut Maurice-Lamontagne	Méthode avec substrat analogue MCA-Leucine Bélanger *et al.*, 1997		250
Bioessais de toxicité				
Act. exo. AMPase	Institut Maurice-Lamontagne	Méthode avec substrat analogue MCA-Leucine Lee et al., 1996		250
Microtox phase solide (*Vibrio fisheri*)	Centre Saint-Laurent	Méthode SPE 1/RM/24, Environnement Canada, 1992a		500
Microtox phase liquide (*Vibrio fisheri*)	Centre Saint-Laurent	Méthode SPE 1/RM/24, Environnement Canada, 1992a		500
Fécondation chez l'oursin de mer (*Lytechinus pictus*)	Institut d'océanographie Bedford	Méthode SPE 1/RM/27, Environnement Canada, 1992b		2000
Survie de l'amphipode (*Rhepoxinius abronius*)	Institut d'océanographie Bedford	Méthode SPE 1/RM/26, Environnement Canada, 1992c		1500

A Les résultats doivent être rapportés en poids sec de sédiment lorsqu'applicable.

B Méthode d'émission atomique au plasma d'argon.

C Volume requis pour l'analyse de tous les métaux.

D Méthode de chromatographie en phase gazeuse - détecteur à capture d'électrons.

E PM = poids moléculaire.

F Méthode de chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie de masse.

G Activité exoenzymatique aminopeptidase.

Annexe E Documents de référence utilisés pour l'identification des invertébrés

Annexe E Documents de référence utilisés pour l'identification des invertébrés

Références générales:

Brunel, P. 1970. Catalogue d'invertébrés benthiques du golfe du Saint-Laurent recueillis de 1951 à 1966 par la station de biologie marine de Grande-Rivière. Travaux sur les pêcheries du Québec, No. 32.

Gaevskaya, N.S. 1948. Guide d'identification de la faune et de la flore des mers du Nord de l'URSS. Éditions d'État: La Science soviétique, Moscou.

Gosner, K.L. 1971. Guide to identification of marine and estuarine invertebrates. Wiley-Interscience, New York, N.Y.

Meglitsch, P.A. 1972. Invertebrate zoology. Second edition. Oxford Univ. Press, New York, N.Y.

Meinkoth, N.A. 1987. The Audubon Society field guide to North American seashore creatures. Chanticleer Press, New York, N.Y.

Némertes:

Gibson, R. 1982. British nemerteans. Synopses of the British fauna (no. 24), Cambridge Univ. Press.

Mollusques:

Abbott, R.T. 1974. American seashells - The marine mollusca of the Atlantic and Pacific coasts of North America. Van Nostrand Reinhold Co., Toronto, Ont.

Abbott, R.T. 1982. Guide des coquillages de l'Amérique du Nord - Guide d'identification sur le terrain. Marcel Broquet, La Prairie, Qué.

Graham, A. 1971. British prosobranch and other operculate gastropod molluscs - Keys and notes for the identification of the species. The Linnean Society of London, Academic Press, New York, N.Y.

Morris, P.A. 1951. A field guide to the shells of our Atlantic and Gulf coasts. The Peterson field guide series, Houghton Mifflin Co., Boston, Mass.

Tebble, N. 1966. British bivalve seashells - A handbook for identification. The British Museum, London.

Theroux, R.B. et Wigley, R.L. 1983. Distribution and abundance of east coast bivalve mollusks based on specimens in the National Marine Fisheries Service Woods Hole Collection. National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report (NMFS SSRF-768).

Turgeon, D.D., Bogan, A.E., Coan, E.V., Emerson, W.K., Lyons, W.G., Pratt, W.L., Roper, C.F.E., Scheltema, A., Thompson, F.G., et Williams, J.D. 1988. Common and scientific names of aquatic invertebrates from the United States and Canada: Mollusks. American Malacological Union, Bethesda, Maryland.

Polychètes:

Appy, T.D., Linkletter, L.E., et Dadswell, M.J. 1980. A guide to the marine flora and fauna of the bay of Fundy: Annelida: Polychaeta. Fisheries and Marine Service technical report No. 920.

Fauchald, K. 1977. The polychaetes worms - Definitions and keys to the orders, families and genera. Nat. Hist. Mus. of Los Angeles County, Sci. Ser. 28.

Pettibone, M.H. 1963. Marine polychaete worms of the New England region. - 1. Aphroditidae through Trochochaetidae. Bull. U.S. Nat. Mus. **227**: 1-356.

Ushakov, P.V. 1955. Polychaeta of the far eastern seas of the U.S.S.R. Zoological Institute of the Academy of Sciences of the U.S.S.R. No. 56.

Crustacés:

Bousfield, E.L. 1973. Shallow-water Gammaridean Amphipoda of New England. Comstock Publishing Association, Cornell Univ. Press, Ithaca and London.

Brunel, P. 1960. Atificial key to the mysidacea of the Canadian Atlantic continental shelf. Can. J. Zool. **38**: 851-855.

Naylor, E. 1972. British marine isopods - Keys and notes for the identification of the species. The Linnean Society of London, Academic Press, New York, N.Y.

Sars, G.O. 1895. An account of the Crustacea of Norway. - I. Amphipoda. Christiana & Copenhagen, **1**: 1-711.

Sars, G.O. 1900. An account of the Crustacea of Norway. - III. Cumacea. Bergen Museum, Bergen. pp. I-X, 1-115.

Sars, G.O. 1918. An account of the Crustacea of Norway. - VI. Copepoda cyclopoida. Bergen Museum, Bergen.

Sars, G.O. 1928. An account of the Crustacea of Norway. - IX. Ostracoda. Bergen Museum, Bergen. 227 p. + planches.

Schultz, G.A. 1969. The marine Isopod Crustacean. W.M.C. Brown Co. Publ., Dubuque, Iowa.

Squires, H.J. 1990. Decapod crustacea of the Atlantic coast of Canada. Department of the Fisheries and Oceans, Ottawa, Ont.

Watling, L. 1979. Marine flora and fauna of the Northeastern United States. - Crustacea: Cumacea. National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report (NMFS Circular 423).

Annexe F Classification des invertébrés recensés dans les groupes fonctionnels basés sur l'alimentation

Annexe F Classification des invertébrés recensés dans les groupes fonctionnels basés sur l'alimentation

Groupe fonctionnel	Taxon
Détritivore de surface [A]	Ampharetidae
Détritivore de surface	Anthuridae
Détritivore de surface	Cirratulidae
Détritivore de surface	Idoteidae
Détritivore de surface	*Nucula tenuis*
Détritivore de surface	Spionidae
Détritivore de surface	*Tellina agilis*
Détritivore de surface	*Yoldia myalis*
Détritivore de surface	*Yoldiella iris*
Détritivore fouisseur [B]	Capitellidae
Détritivore fouisseur	Maldanidae
Détritivore fouisseur	Orbiniidae
Détritivore fouisseur	Paraonidae
Détritivore fouisseur	Phoxocephalidae
Suspensivore [C]	Ampeliscidae
Suspensivore	*Arctica islandica*
Suspensivore	Bodotriidae
Suspensivore	Cyclopidae
Suspensivore	Cyclopoida
Suspensivore	Diastylidae
Suspensivore	Echinarachnidae
Suspensivore	*Ensis directus*
Suspensivore	Isaeidae
Suspensivore	Leuconidae
Suspensivore	Lithomolgidae
Suspensivore	*Modiolus modiolus*
Suspensivore	Mysidae
Suspensivore	Oithonidae
Suspensivore	*Pandora glacialis*
Suspensivore	Pandora sp
Suspensivore	Paradoxostomatidae
Suspensivore	Sabellidae
Suspensivore	Sarciellidae
Suspensivore	*Thracia conradi*
Suspensivore	Tortanidae
Carnivore [D]	Cancridae
Carnivore	Dorvilleidae
Carnivore	Edwardsiidae
Carnivore	*Euspira heros*
Carnivore	*Euspira triseriata*
Carnivore	Glyceridae
Carnivore	*Ilyanassa trivittata*
Carnivore	Lumbrineridae
Carnivore	Lysianassidae
Carnivore	Nemertea
Carnivore	Nephtyidae
Carnivore	Phyllodocidae
Carnivore	Sigalionidae
Autre	Amphipoda
Autre	Bivalvia
Autre	Gastropoda
Autre	Stenothoidae

[A] Organismes qui s'alimentent de la matière organique et de la microfaune retrouvée à la surface des sédiments.

[B] Organismes qui s'alimentent de la matière organique enfouie dans les sédiments.

[C] Organismes filtreurs qui s'alimentent de particules en suspension.

[D] Organisme qui se nourrit d'animaux, soit de proies vivantes (prédateur) ou de cadavres (nécrophage).

Annexe G Contrôle de la qualité des résultats analytiques

Annexe G 1 Pourcentage de récupération et coefficients de variation obtenus avec les matériaux de référence certifiés

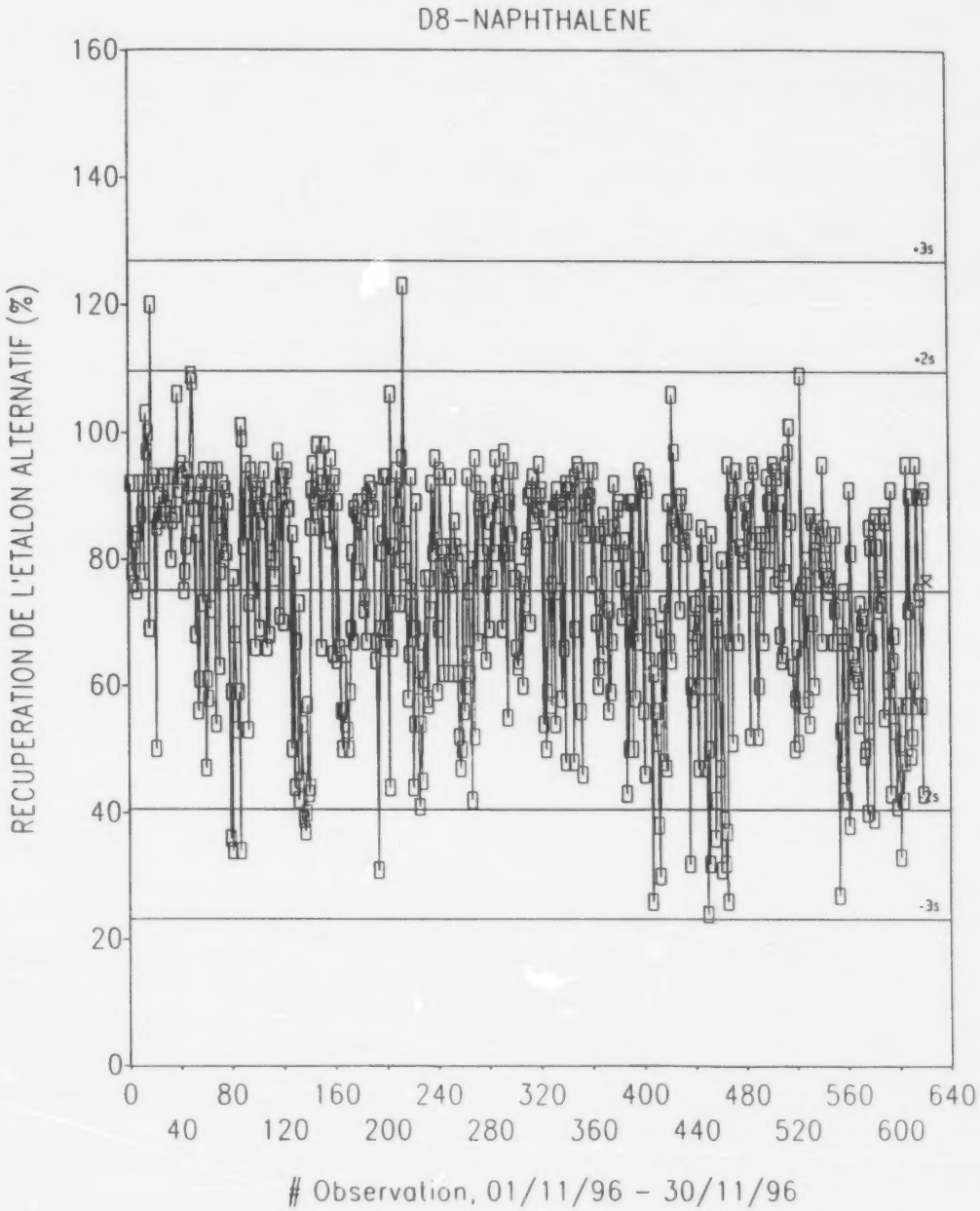
Paramètre	Récupération des matériaux de référence certifiés (%)			Coefficient de variation (%)
	Groupe 1 ou 2 [A]	Groupe 3 ou 4	Groupe 5 ou 6	
Carbone organique total	87	n.a.	n.a.	9,0
Métaux				
Arsenic	77	n.a.	n.a.	8,9
Béryllium	106	n.a.	n.a.	6,1
Cadmium	114	n.a.	n.a.	9,5
Chrome	29	n.a.	n.a.	11,0
Cobalt	96	n.a.	n.a.	6,0
Cuivre	67	n.a.	n.a.	2,2
Étain	n.d.	n.a.	n.a.	16,1
Mercure	114	n.a.	n.a.	12,0
Nickel	77	n.a.	n.a.	4,7
Plomb	62	n.a.	n.a.	13,5
Vanadium	49	n.a.	n.a.	13,2
Zinc	81	n.a.	n.a.	5,3
BPC				
Aroclor 1254	91	100	100	n.d.
HAP				
Naphtalène	77	56	48	n.d.
Acénaphylène	170	145	110	n.d.
Acénaphtène	70	60	47	n.d.
Fluorène	55	45	36	n.d.
Phénanthrène	93	58	62	n.d.
Anthracène	41	38	25	n.d.
Fluoranthène	89	47	79	n.d.
Pyrène	88	63	68	n.d.
Benzo(a)anthracène	85	71	57	n.d.
Chrysène	93	80	63	n.d.
Benzo(b+j+k)fluoranthène	139	126	90	n.d.
Benzo(a)pyrène	80	71	49	n.d.
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	73	51	32	n.d.
Dibenz(a,h)anthracène	91	62	38	n.d.
Benzo(g,h,i)perylène	86	61	42	n.d.

[A] Les "Groupes" correspondent aux six groupes de 10 échantillons de sédiments formés lors de l'extraction pour les analyses des HAP et des BPC (voir section 2.4).

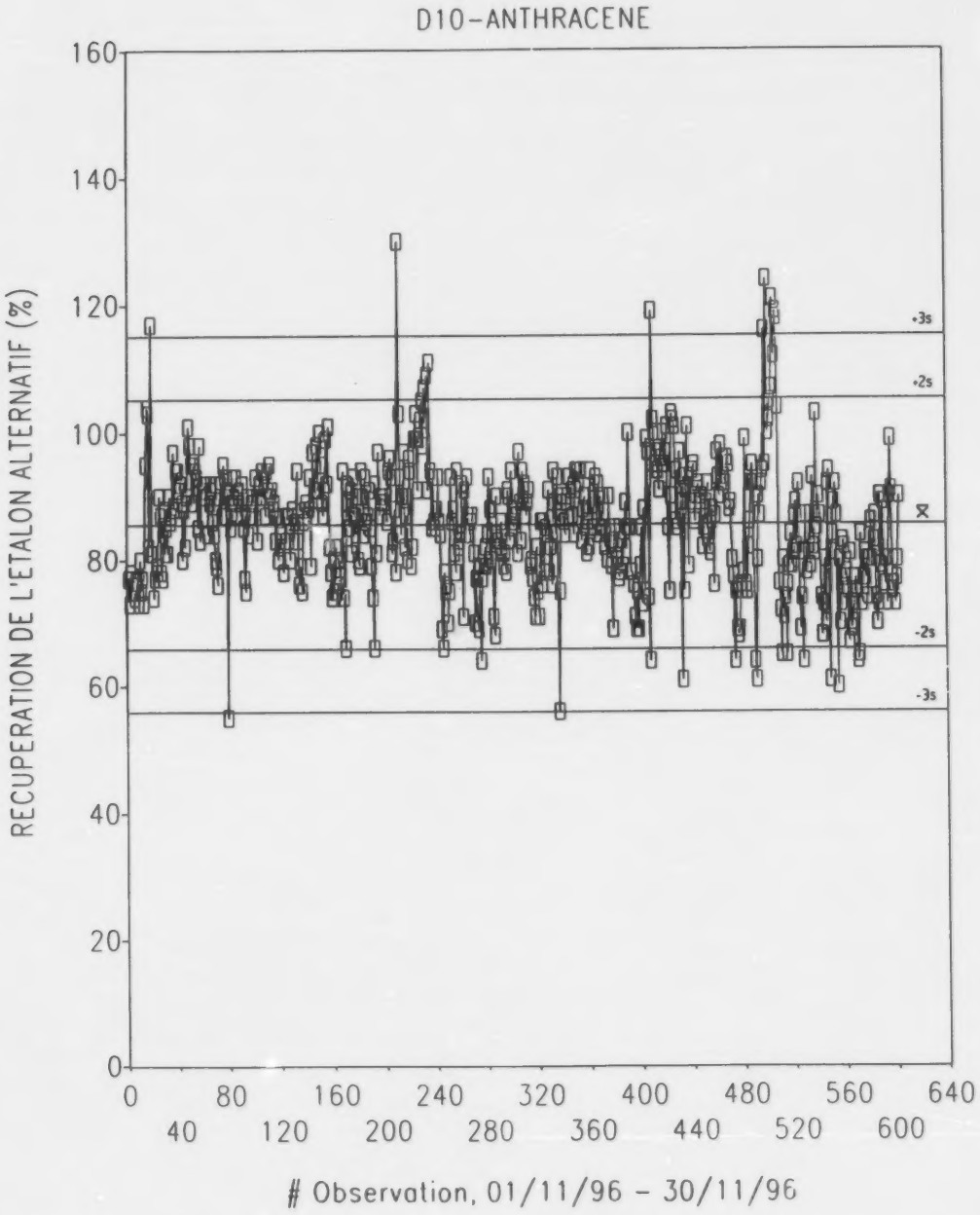
n.d. = non déterminé.

n.a. = non applicable.

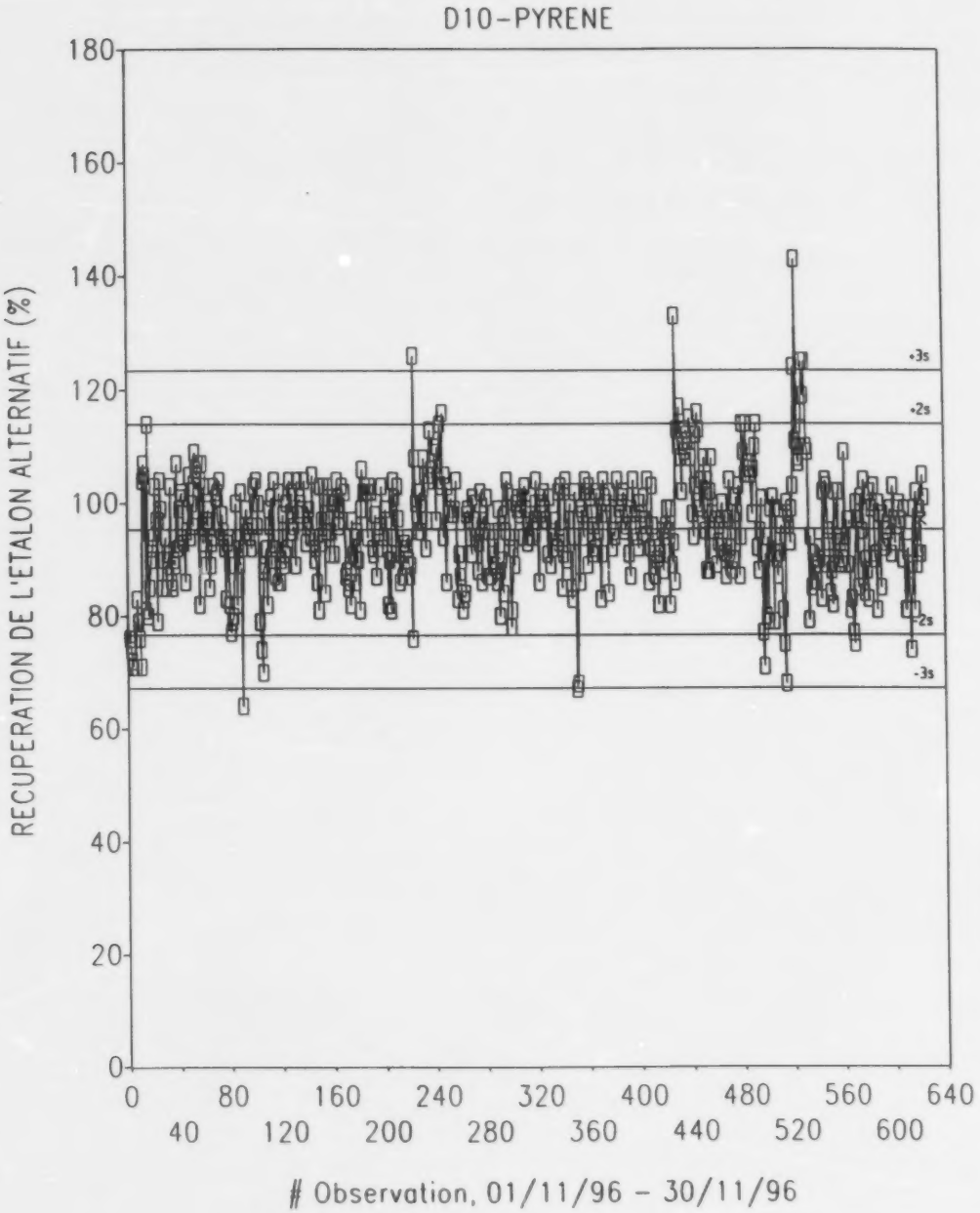
Annexe G 2 Diagrammes de contrôle pour les analyses des matériaux de référence certifiés utilisés pour les analyses des HAP et des BPC



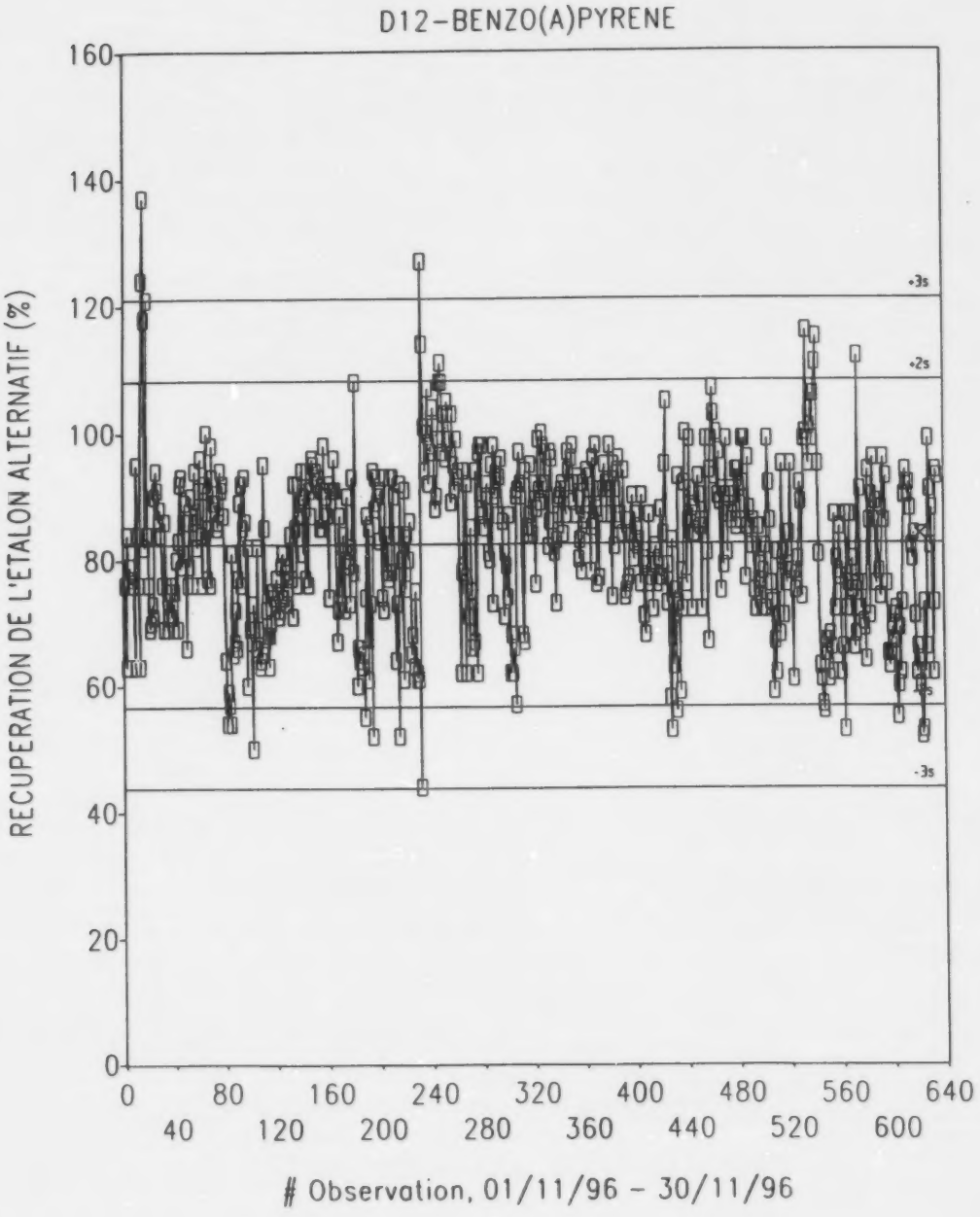
Annexe G 2 (suite) Diagrammes de contrôle pour les analyses des matériaux de référence certifiés utilisés pour les analyses des HAP et des BPC



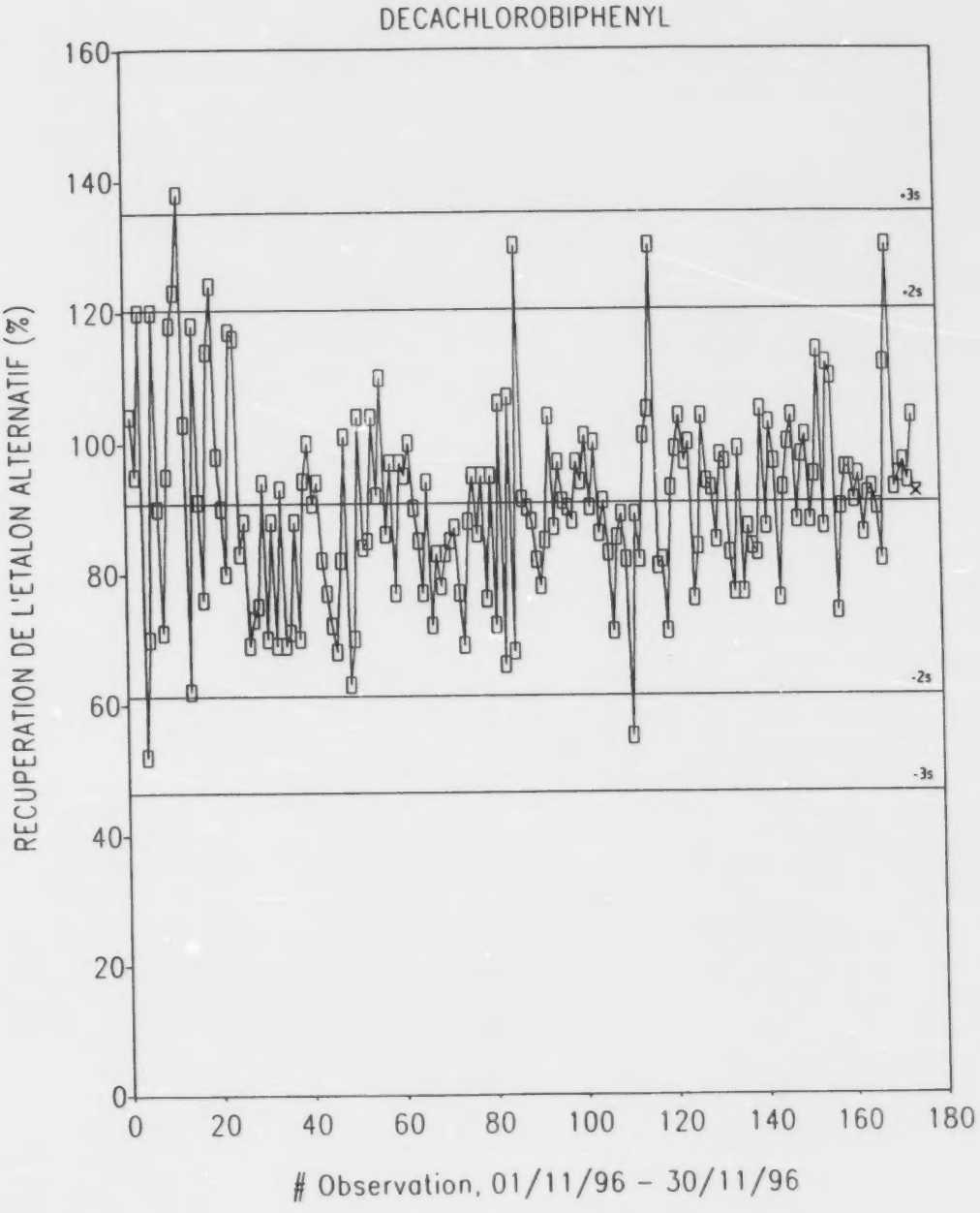
Annexe G 2 (suite) Diagrammes de contrôle pour les analyses des matériaux de référence certifiés utilisés pour les analyses des HAP et des BPC



Annexe G 2 (suite) Diagrammes de contrôle pour les analyses des matériaux de référence certifiés utilisés pour les analyses des HAP et des BPC



Annexe G 2 (suite) Diagrammes de contrôle pour les analyses des matériaux de référence certifiés utilisés pour les analyses des HAP et des BPC



Annexe G 3 Diagramme de contrôle pour le toxique de référence utilisé pour le bioessai de survie de l'amphipode

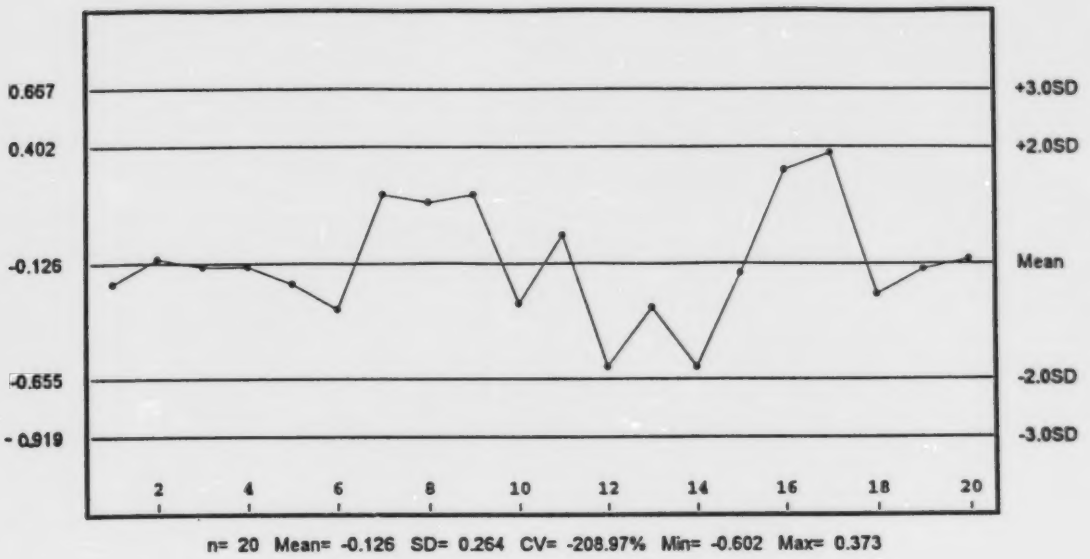


Figure 1: Warning chart for *Rhepoxynius abronius* acute lethality test. Values are in mg /L as cadmium (toxicant was cadmium chloride). The values shown in the plot have been converted to Log $_{10}$ of the LC50 value. Antilog values are as follows:

Mean = 1.34 mg /L
Mean $\pm$ 2 SD ("Warning Limits") 0.22 to 2.52 mg /L
Mean $\pm$ 3SD ("Control Limits") 0.12 to 4.65 mg /L

Annexe G 4 Diagramme de contrôle pour le toxique de référence utilisé pour le bioessai de fertilisation chez l'oursin

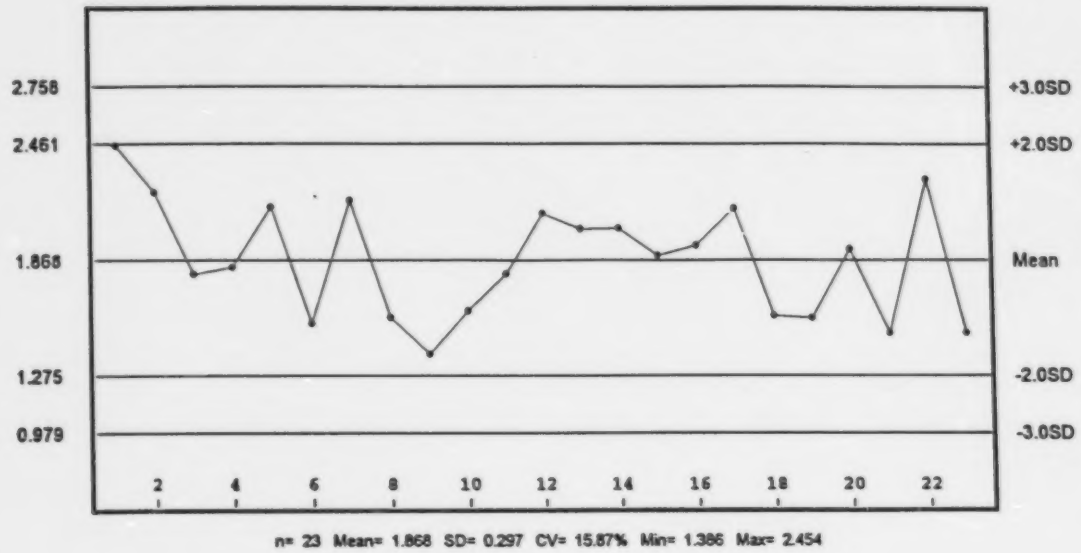
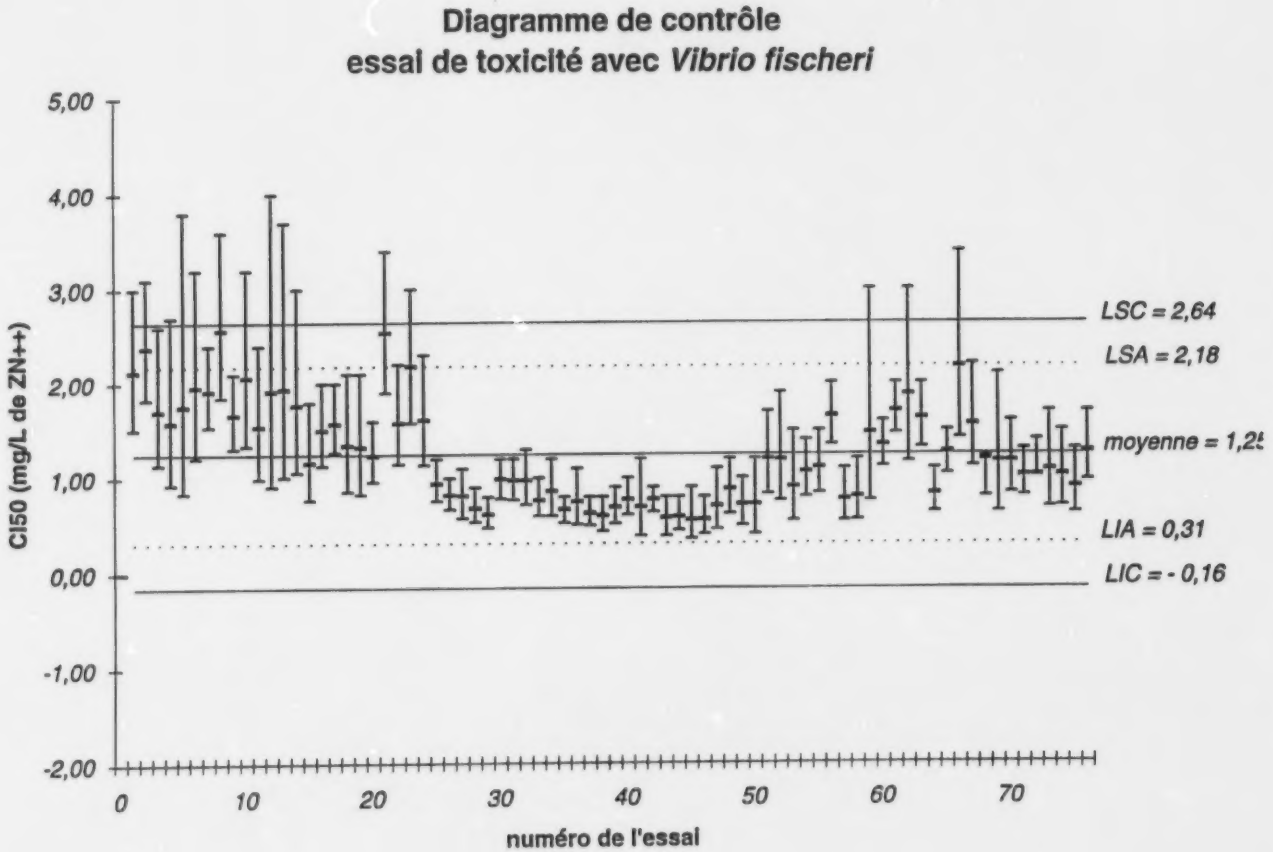


Figure 2: Warning chart for *Lytechinus pictus* fertilization assay. Values are in µ/L as copper sulphate. The values shown in the plot have been converted to Log $_{10}$ of the IC50 value. Antilog values are as follows:

Mean = 73.8 ug/L
Mean ± 2 SD ("Warning Limits") 18.8 to 289 ug/L
Mean ± 3SD ("Control Limits") 9.53 to 573 ug/L

Annexe G 5 Diagramme de contrôle pour le toxique de référence utilisé pour le bioessai Microtox[MC]



Fichier : Diag-mic.xls
12/11/96

Annexe G 6 Résultats du contrôle de la qualité du tri des invertébrés benthiques

Échantillon	Nombre d'organismes dénombrés [A]		Pourcentage d'organismes oubliés [B]
	Premier tri	Second tri	
A2-2	45	0	0,0
B1-2	103	2	1,9
REF3-5	231	22	8,7
REF5-1	238	4	1,7
REF5-3	112	5	4,3
Moyenne ± écart type			3,3 ± 3,4

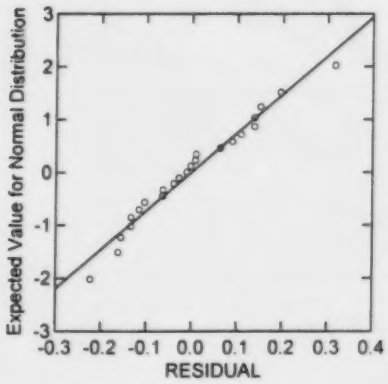
[A] Ce nombre inclut les morceaux et les coquilles vides qui n'ont pas été inclus dans les nombres donnés dans la matrice des abondances.

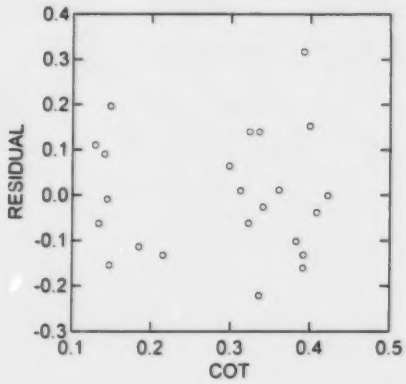
[B] Calculé par la formule : second tri / (premier tri + second tri) * 100.

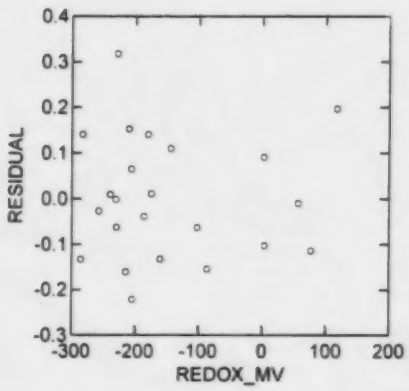
Annexe H Analyse des résidus des six modèles de régression multiple

Note : Pour chaque modèle, la normalité a été vérifiée à l'aide d'un graphique de probabilité montrant la valeur attendue pour une distribution normale (expected value for normal distribution) en fonction des résidus (residual), alors que la linéarité et l'homoscédasticité ont été vérifiées à l'aide de graphiques montrant la distribution des résidus en fonction de chaque variable indépendante retenue dans le modèle.

Annexe H 1 Analyse des résidus du modèle de régression multiple du bioessai Microtox[MC] en phase solide







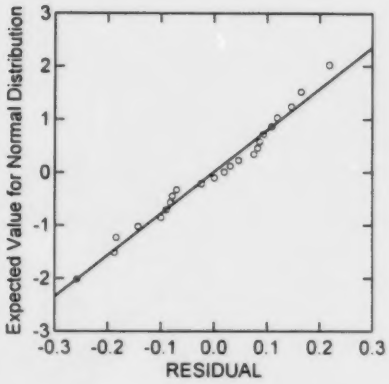
Variable dépendante:

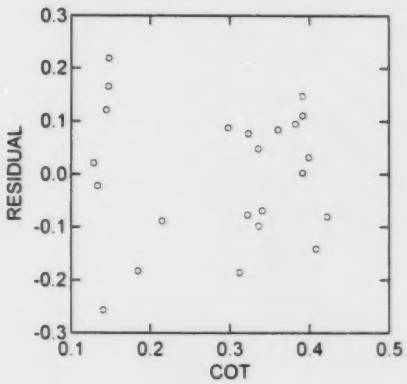
Ci25 du bioessai Microtox en phase solide (transformée par log(X)).

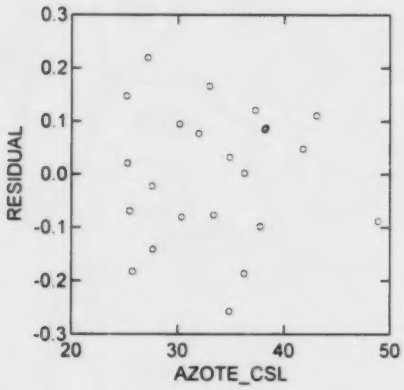
Conclusion:

Conditions d'application suffisamment respectées.

Annexe H 2 Analyse des résidus du modèle de régression multiple du bioessai Microtox^{MC} en phase liquide







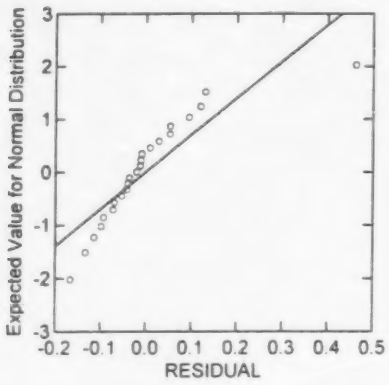
Variable dépendante:

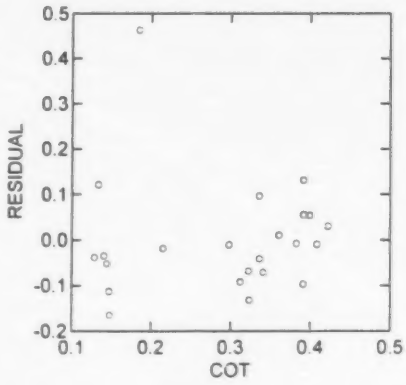
Cl25 du bioessai Microtox en phase liquide (transformée par arcsinus*racine(p)).

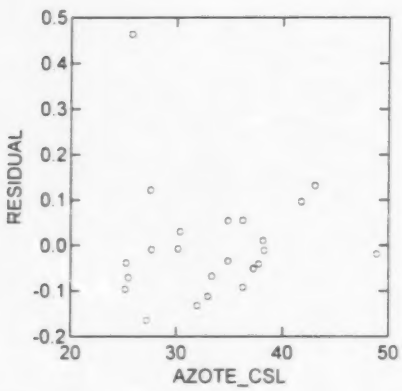
Conclusion:

Conditions d'application suffisamment respectées.

Annexe H 3 Analyse des résidus du modèle de régression multiple du bioessai de fertilisation chez l'oursin de mer







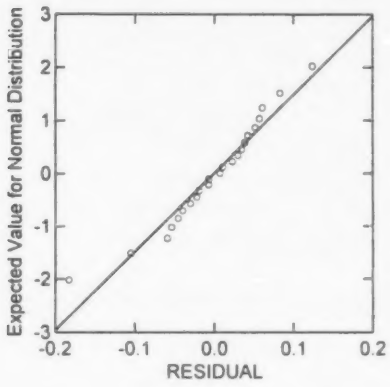
Variable dépendante:

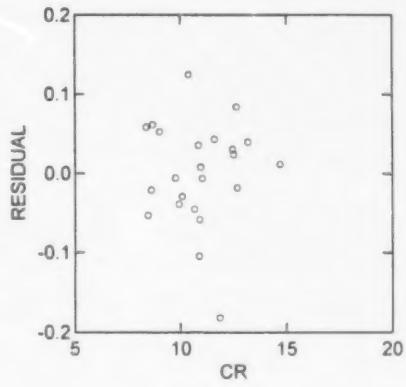
CI25 du bioessai de fertilisation chez l'oursin.

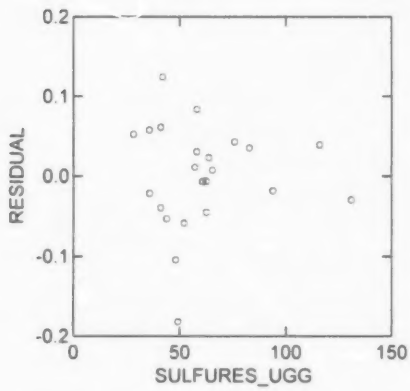
Conclusion:

Conditions d'application suffisamment respectées.

Annexe H 4 Analyse des résidus du modèle de régression multiple du bioessai de survie de l'amphipode







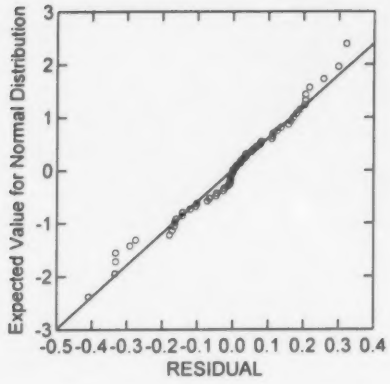
Variable dépendante:

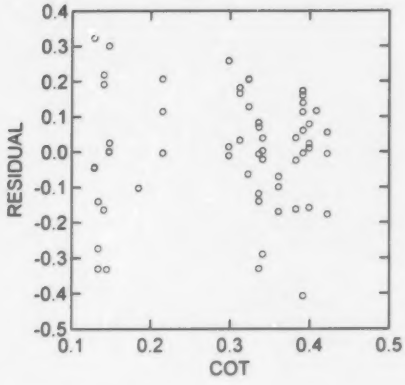
Pourcentage de survie de l'amphipode (transformé par arcsinus*racine(p)).

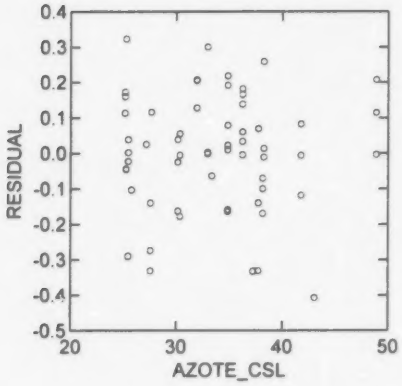
Conclusion:

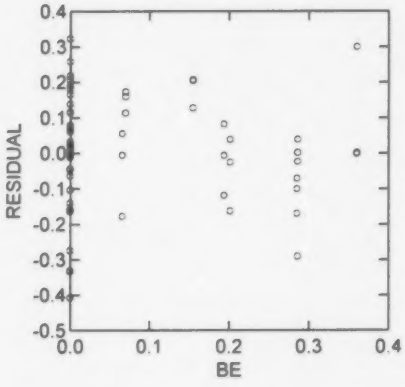
Conditions d'apllication suffisamment respectées.

Annexe H 5 Analyse des résidus du modèle de régression multiple des pointages des échantillons sur l'axe principale de l'AC









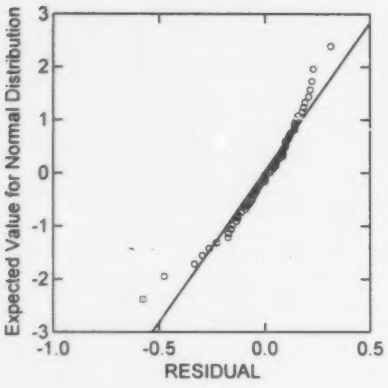
Variable dépendante:

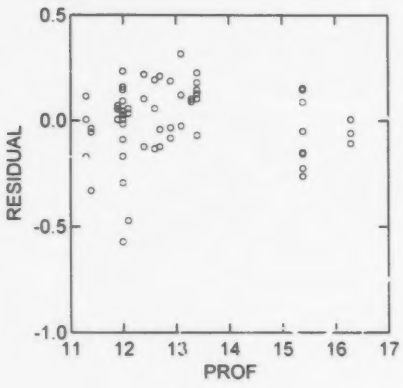
Pointage des échantillons sur l'axe principal de l'AC.

Conclusion:

Conditions d'application suffisamment respectées.

Annexe H 6 Analyse des résidus du modèle de régression multiple des pointages des échantillons sur le deuxième axe de l'AC





Variable dépendante:

Pointage des échantillons sur l'axe 2 de l'AC.

Conclusion:

Distribution présentant une asymétrie négative.

Annexe I Taxons rares exclus des analyses des correspondances

Annexe I Taxons rares exclus des analyses des correspondances

Taxon exclus	Échantillon
Matrice des abondances	
Yoldiella iris ? (Bivalvia)	D4-2
Euspira triseriata (Gastropoda)	D5-2
Phoxocephalidae (Amphipoda)	ZE3-3
Stenothoidae (Amphipoda)	REF3-6
Cyclopoida (Copepoda)	ZR3-2
Lithomolgidae ? (Copepoda)	ZR3-2
Oithonidae (Copepoda)	ZR3-2
Leuconidae (Cumacea)	REF3-5
Cancridae (Decapoda)	ZR3-4
Mysidae (Mysidacea)	A2-3
Matrice des biomasses	
Yoldiella iris ? (Bivalvia)	D4-2
Euspira triseriata (Gastropoda)	D5-2
Phoxocephalidae (Amphipoda)	ZE3-3
Stenothoidae (Amphipoda)	REF3-6
Cyclopoida (Copepoda)	ZR3-2
Lithomolgidae ? (Copepoda)	ZR3-2
Oithonidae (Copepoda)	ZR3-2
Leuconidae (Cumacea)	REF3-5
Mysidae (Mysidacea)	A2-3

Annexe J Paramètres de support mesurés lors de l'échantillonnage des invertébrés

Annexe J Paramètres de support mesurés lors de l'échantillonnage des invertébrés

Date	Température de l'eau (°C)	Salinité (ppm)	Direction du vent	Vitesse du vent (km/h)	Transparence ^ (m)
5-11-96	9	19-20	Nord-Nord-Ouest	7-8	> 4
6-11-96	8	19-20	-	0	> 4
7-11-96	8	19-20	Sud	15	> 4

^ Déterminé à l'aide du disque de Secchi.

Annexe K Résultats de l'analyse physico-chimique des sédiments

Annexe K Résultats de l'analyse physico-chimique des sédiments

Station	Profondeur (m)	Granulométrie (%)					COT (%)	Métaux A												Azote ammoniacal(mg/L)	Pot. rédox. (mV)	Sulfures (µg/g)
		d_m (mm)	Gravier (≥2 mm)	Sable (≥0,063 à <2 mm)	Limon (≥0,004 à <0,063 mm)	Argile (< 0,004 mm)		As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Se (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)			
Zone monticulaire																						
A1a	11,4	0,96	0,0	93,4	1,5	5,1	0,15	nd	nd	nd	8,39	2,88	2,71	nd	8,62	1,48	nd	9,31	10,76	27,2	118	35,86
A1b	11,4	0,99	0,0	96,2	1,7	2,1	0,18	nd	nd	nd	9,94	2,96	4,00	73,28	9,25	1,67	nd	9,71	11,41	25,8	77	41,15
A1c	11,4	0,94	0,0	90,8	1,7	7,5	0,14	nd	nd	nd	9,03	2,94	2,43	nd	8,97	1,30	nd	9,37	13,56	37,3	57	28,36
A2	12,0	0,98	1,5	92,0	0,6	5,9	0,14	nd	nd	nd	8,70	2,65	2,61	nd	8,22	1,03	nd	8,92	10,30	34,9	3	41,13
A3		0,94	0,0	91,6	2,4	6,0	0,17	nd	nd	nd	10,20	3,29	3,09	nd	10,44	1,60	nd	11,20	13,25			
A4	12,0	0,95	0,0	92,2	1,7	6,1	0,13	nd	nd	nd	8,48	2,82	2,79	nd	8,80	0,91	nd	9,27	10,95	25,3	-144	44,03
A5		0,95	0,0	91,8	2,2	6,0	0,18	nd	nd	nd	9,90	3,18	3,78	nd	10,30	2,22	nd	11,16	13,55			
A6	12,0	0,98	0,0	94,6	2,5	2,9	0,22	nd	nd	nd	10,09	3,10	3,45	nd	9,35	1,40	nd	10,64	12,18	48,9	-285	131,11
A7		0,94	0,0	91,4	2,0	6,6	0,20	nd	nd	nd	10,64	2,95	4,69	nd	9,86	2,21	nd	10,49	12,47			
A8		0,91	0,0	88,4	2,2	9,4	0,23	nd	nd	nd	10,71	3,44	3,34	nd	10,58	1,58	nd	11,66	14,97			
B1	11,9	0,95	0,0	92,0	1,7	6,3	0,15	nd	0,36	nd	10,40	3,19	3,39	nd	9,63	1,45	nd	10,66	12,36	33,0	-86	42,01
B2		0,92	0,0	89,2	3,4	7,4	0,31	nd	nd	nd	11,15	3,27	3,91	nd	10,79	2,08	nd	11,86	13,87			
B3		0,93	0,0	90,2	3,7	6,1	0,25	nd	nd	nd	11,00	2,86	3,16	nd	11,43	2,29	3,39	11,78	14,33			
B4		0,95	0,0	92,6	0,5	6,9	0,12	nd	nd	nd	11,24	2,95	2,30	nd	9,72	1,47	nd	10,37	10,87			
B5		0,96	0,0	93,4	1,1	5,5	0,12	nd	nd	nd	9,33	2,59	2,13	nd	8,68	2,03	nd	9,44	10,25			
B6		0,95	0,0	92,0	1,3	6,7	0,16	nd	nd	nd	8,85	2,64	3,77	nd	8,80	1,78	nd	9,32	10,32			
B7		0,94	0,0	91,6	3,6	4,8	0,25	nd	0,62	nd	11,30	3,20	3,42	nd	10,59	2,10	3,20	11,69	13,60			
C1-1	12,0	0,97	0,0	93,2	1,7	3,5	0,13	nd	nd	nd	8,86	2,89	2,42	nd	8,68	1,29	nd	9,72	10,73	31,0	-73	39,87
Moyenne	**11,8**	**0,95**	**0,1**	**92,0**	**2,0**	**5,8**	**0,18**	-	**0,49**	-	**9,90**	**2,99**	**3,19**	**73,28**	**9,60**	**1,66**	**3,30**	**10,36**	**12,21**	**32,9**	**-45**	**50,04**
écart type	0,3	0,02	0,3	1,8	0,9	1,7	0,05	-	0,18	-	1,00	0,24	0,69	-	0,92	0,42	0,14	1,01	1,55	7,8	133	33,0
Zone intermonticulaire																						
D1	12,1	0,87	0,0	84,6	5,8	9,6	0,34	nd	0,19	nd	12,53	4,41	4,90	nd	13,58	2,96	nd	14,58	21,78	41,8	-283	63,82
D2		0,92	0,0	89,2	6,7	4,1	0,35	nd	nd	nd	8,79	3,61	4,27	nd	11,65	3,06	nd	9,17	17,11			
D3		0,91	0,0	87,8	3,9	8,3	0,29	nd	nd	nd	12,58	4,15	4,40	nd	13,25	2,60	nd	14,13	19,19			
D4	12,6	0,93	0,0	90,4	6,2	3,4	0,31	nd	nd	nd	12,66	4,32	5,33	nd	13,03	2,33	nd	14,78	19,14	36,3	-239	58,19
D5	12,9	0,84	0,0	81,2	6,8	12,0	0,42	2,39	0,07	nd	13,21	4,44	5,18	nd	13,74	2,95	nd	15,64	21,04	30,4	-230	116,13
D6		0,93	0,0	90,0	3,3	6,7	0,20	nd	nd	nd	9,81	3,56	4,26	nd	10,93	2,17	nd	11,86	14,99			
D7	13,1	0,93	0,0	89,8	4,5	5,7	0,32	nd	0,15	nd	10,90	4,04	4,25	nd	12,41	2,72	nd	12,14	18,19	32,0	-180	48,29
D8		0,97	3,9	86,1	2,2	7,8	0,19	nd	nd	nd	12,32	3,37	3,18	nd	10,80	1,70	nd	11,12	14,27			
IM4		0,88	0,0	85,0	6,1	8,9	0,38	nd	nd	nd	11,73	4,05	5,34	nd	13,52	3,36	nd	13,62	19,87			
IM5		0,93	0,0	90,0	6,0	4,0	0,32	2,45	nd	nd	10,78	4,05	5,06	nd	13,25	3,74	nd	13,00	19,07			
IM20		0,91	0,5	87,3	2,1	10,0	0,25	nd	nd	nd	12,36	3,40	3,34	nd	11,25	3,08	3,90	11,50	16,37			
IM21		0,97	0,4	93,2	2,5	3,8	0,17	nd	nd	0,43	10,00	2,74	2,62	nd	8,43	1,90	nd	10,23	10,73			
IM24		0,88	0,0	84,8	4,8	10,4	0,38	nd	nd	nd	12,98	4,04	5,73	3,57	12,69	3,52	8,48	14,46	18,75			
Moyenne	**12,7**	**0,91**	**0,4**	**87,7**	**4,7**	**7,3**	**0,30**	**2,42**	**0,14**	**0,43**	**11,59**	**3,86**	**4,45**	**3,57**	**12,19**	**2,78**	**6,19**	**12,79**	**17,73**	**35,1**	**-233**	**71,61**
écart type	0,4	0,04	1,1	3,2	1,7	2,9	0,08	0,04	0,07	-	1,40	0,49	0,94	-	1,53	0,62	3,24	1,96	3,03	5,1	42	30,37

Station	Profondeur (m)	Granulométrie (%)					COT (%)	Métaux [A]												Azote ammoniacal (mg/L)	Pot. rédox (mV)	Sulfures (µg/g)
		d_m (mm)	Gravier (≥2 mm)	Sable (≥0,063 à <2 mm)	Limon (≥0,004 à <0,063 mm)	Argile (<0,004 mm)		As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Se (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Se (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)			
Zone rapprochée																						
ZR1		0,91	0,0	88,6	4,8	6,6	0,31	nd	nd	nd	10,45	3,66	4,84	nd	12,45	3,24	nd	12,26	17,73			
ZR2		0,92	0,0	89,0	5,1	5,9	0,37	nd	nd	nd	12,31	4,19	4,86	nd	13,88	3,49	nd	14,92	19,86			
ZR3	12,7	0,94	0,0	90,6	5,2	4,2	0,30	nd	nd	nd	10,92	3,81	4,01	nd	12,31	2,71	nd	11,66	17,14	38,3	-206	52,24
ZR4		0,88	0,0	85,2	5,8	9,0	0,36	2,64	nd	nd	12,65	4,29	4,93	nd	13,52	3,78	nd	14,59	20,29			
ZR5	13,4	0,90	0,0	87,0	6,5	6,5	0,39	2,11	nd	nd	12,47	4,35	4,94	nd	13,58	3,21	nd	14,49	21,00	36,3	-160	58,15
ZR6		0,87	0,0	84,4	5,0	10,6	0,27	nd	nd	nd	13,97	3,87	4,00	nd	12,19	2,69	nd	14,23	17,52			
ZR7		0,89	0,0	86,2	6,6	7,2	0,32	2,39	nd	nd	13,96	3,88	4,39	3,49	12,50	3,24	nd	14,07	18,07			
ZR8	12,4	0,85	0,0	82,2	7,9	9,9	0,38	2,04	0,20	nd	14,72	4,37	4,33	nd	13,21	2,80	nd	15,16	20,75	30,2	4	57,22
ZR9		0,89	0,0	86,2	5,8	8,0	0,35	nd	nd	nd	9,38	3,75	4,18	nd	11,70	3,39	nd	10,34	17,11			
ZR10		0,89	0,0	86,0	4,4	9,6	0,32	nd	nd	nd	11,97	4,44	5,10	nd	14,23	2,28	nd	15,22	20,99			
Moyenne	**12,8**	**0,89**	**0,0**	**86,5**	**5,7**	**7,8**	**0,34**	**2,29**	-	-	**12,28**	**4,06**	**4,56**	**3,49**	**12,96**	**3,08**	-	**13,69**	**19,05**	**34,9**	**-121**	**55,87**
écart type	0,5	0,03	0,0	2,4	1,0	2,0	0,04	0,28	-	-	1,68	0,29	0,42	-	0,84	0,45	-	1,68	1,67	4,2	110	3,18
Zone éloignée																						
ZE1		0,93	0,0	90,4	3,0	6,6	0,18	nd	nd	nd	10,69	3,20	3,38	nd	11,24	2,34	2,99	11,30	13,77			
ZE2		0,92	0,0	89,2	5,1	5,7	0,26	nd	nd	nd	11,09	4,09	4,71	nd	13,43	2,49	nd	13,21	18,17			
ZE3	13,4	0,90	0,0	87,4	4,9	7,7	0,36	nd	0,29	nd	11,88	4,03	4,05	nd	12,31	2,82	nd	13,97	18,77	38,2	-174	49,34
ZE4		0,90	0,0	87,0	6,9	6,1	0,48	2,48	nd	nd	12,53	4,38	5,23	nd	13,67	4,92	nd	15,38	21,32			
ZE5	13,3	0,85	0,0	82,4	6,3	11,3	0,39	nd	0,07	nd	12,70	4,54	5,47	nd	13,59	3,00	nd	14,80	20,80	25,2	-214	94,08
ZE6		0,89	0,0	86,6	5,6	7,8	0,25	nd	nd	nd	15,01	3,55	3,45	nd	11,78	2,62	nd	12,58	15,85			
ZE7		0,75	0,0	72,8	9,6	17,6	1,03	3,63	0,06	nd	16,75	5,62	8,73	nd	17,66	5,36	nd	21,84	30,42			
ZE8	11,3	0,90	0,0	87,2	5,0	7,8	0,34	nd	nd	nd	11,62	4,32	5,10	nd	12,97	1,77	nd	15,77	19,72	37,8	-204	76,02
ZE9		0,89	0,0	86,0	5,3	8,7	0,38	2,75	nd	nd	10,98	4,00	4,44	nd	12,22	3,51	nd	14,00	18,62			
ZE10		0,94	0,0	91,2	2,9	5,9	0,27	nd	nd	nd	11,24	3,89	4,26	nd	12,55	2,17	nd	13,31	17,54			
Moyenne	**12,7**	**0,89**	**0,0**	**86,0**	**5,5**	**8,5**	**0,39**	**2,96**	**0,14**	-	**12,45**	**4,16**	**4,88**	-	**13,14**	**3,10**	**2,99**	**14,62**	**19,50**	**33,7**	**-197**	**73,15**
écart type	1,2	0,05	0,0	5,3	1,9	3,6	0,24	0,60	0,13	-	1,96	0,65	1,52	-	1,77	1,18	-	2,86	4,44	7,4	21	22,51
Zone de référence																						
REF1a	16,3	0,88	0,0	85,4	5,3	9,3	0,41	nd	nd	nd	9,78	4,28	4,68	nd	12,82	3,63	nd	14,67	19,70	27,7	-186	62,68
REF1b	16,3	0,94	0,0	90,8	6,0	3,2	0,39	nd	nd	nd	10,97	4,16	4,51	nd	12,04	2,83	nd	15,01	19,16	43,1	-228	65,47
REF1c	16,3	0,90	0,0	87,4	4,6	8,0	0,32	nd	nd	nd	11,04	4,07	4,31	nd	12,05	3,11	nd	14,23	18,36	33,4	-229	60,86
REF2		0,92	0,0	88,8	4,7	6,5	0,33	nd	nd	nd	11,04	3,94	5,31	nd	12,37	2,59	nd	14,28	17,55			
REF3	15,4	0,94	0,0	90,6	6,0	3,4	0,40	nd	nd	nd	10,86	4,21	4,50	nd	12,15	2,64	nd	16,24	18,49	34,9	-210	82,90
REF4		0,91	0,0	88,4	4,4	7,2	0,28	nd	0,56	nd	12,44	4,11	4,46	nd	13,16	4,22	nd	13,77	19,95			
REF5	15,4	0,89	0,0	85,6	8,7	5,7	0,34	nd	0,29	nd	10,68	4,08	4,42	nd	12,26	3,76	nd	13,49	19,10	25,5	-257	62,65
REF6		0,87	0,0	84,6	4,9	10,5	0,35	nd	nd	nd	12,07	4,03	4,08	nd	12,96	2,82	nd	13,78	17,40			
Moyenne	**15,9**	**0,91**	**0,0**	**87,7**	**5,6**	**6,7**	**0,35**	-	**0,42**	-	**11,11**	**4,11**	**4,53**	-	**12,48**	**3,20**	-	**14,43**	**18,72**	**32,9**	**-222**	**66,91**
écart type	0,5	0,02	0,0	2,4	1,4	2,6	0,04	-	0,19	-	0,82	0,11	0,36	-	0,44	0,60	-	0,88	0,93	6,9	26	9,09
CONTRÔLE DE LA QUALITÉ																						
C1-2	11,3	-	1,2	91,7	1,5	5,6	0,13	nd	nd	nd	8,40	2,54	2,63	nd	8,10	1,79	nd	8,46	10,38	24,2	-131	32,30

[A] Le mercure n'a été détecté dans aucun des échantillon analysés.

Annexe L Abondance des invertébrés récoltés dans les échantillons

Annexe L Abondance des invertébrés récoltés dans les échantillons

Taxon	Échantillon																												
	A1-2	A1-3	A1-5	A2-1	A2-2	A2-3	A4-1	A4-2	A4-3	A6-1	A6-2	A6-3	B1-2	B1-3	B1-4	C1-1	C1-2	C1-3	D1-1	D1-2	D1-3	D4-1	D4-2	D4-3	D5-2	D5-3	D5-5	D7-1	D7-2	D7-4
CNIDARIA																														
Actiniaria																														
Edwardsiidae																2	2	2												
NEMERTEA	2		5	1	1	1	6	8	2			1				5	2	7	9	6	6	55	45	58	90	45	48	143	22	40
NEMATODA	7	5	7	23	4	10	17	4	10	4	14	7	29	17	23					2	1			1						
MOLLUSCA				2	1										1															
Bivalvia																														
Dreissenidae																														
Arctica islandica			1	4		1	1		1	1	6	6	2	2	1		1	1	2	2	1	4	2	2	6	1	1	4	6	4
Mytilidae																														
Modiolus modiolus	1	1		3		1		10	3	3	4	1	5	4	1				3	2	13	1	7	2	6	8	2	6	1	2
Nuculanidae																							1							
(*Yoldiella* sp.?)																												1	3	2
Yoldia myalis												1							3	2		1		1						
Nuculidae																				1						1	2		1	
Nucula tenuis																														
Pandoridae																														
Pandora glacialis				1			1		1	1				2					1		1			1	3				1	
Pandora sp																						2								
Solenidae																														
Ensis directus			1	1																										
Tellinidae																														
Tellina agilis	6	3	7	10	3	13	5	8	4	18	12	14	5	3	11	5	5	4	2		1			2	3	1		1	1	
Thraciidae																														
Thracia conradi			1								2		1																	
Gastropoda																		1		1										
Nassariidae																		1		1										
Ilyanassa trivittata	3	3	4	4	10	5	1	2	6	11	9	8	3	3	3		1	3	8	2	7	3	7	4	8	12	14	4	10	3
Naticidae																		1				1		1				1		
Euspira heros			1						1																1					
(*Euspira triserata*)																														
POLYCHAETA																														
Ampharetidae	1		1	5	2	4			1	3	3	2		1	1					1	4	3	1	10	10	3	4	2	2	3
Capitellidae		1															3													
Cirratulidae								1																					1	
Dorvilleidae					1							3	1																	
Glyceridae			4	2	1	1	3	3	1						1	1		1												
Lumbrineridae	1		1	2	4	3	4	2			1	2	3		3	2	1		6	4	2	11	5	7	16	6	6	13	13	9
Maldanidae	1	4	3	6	5	3	3	1	8	6	4	1	11	23	11		1		5		2	4	4	6	8	2	1	2	4	6
Nephtyidae	1	1	1	1	2		1	1	1	2	7	1	2	3	5	3		2	1	2	1	3	4	3	5	2	3		3	3
Orbiniidae	3		4				3	4	1						1						1		1							
Paraonidae		2	1				2						1													1				1
Phyllodocidae	2	1				2		1	1	2		1	1	1								2	1			1				
Sabellidae															1	1			1	2	2			2	2	2		2		
Sigalionidae	1	3	1	1	2	5	1			2	2	2	1		1				12	7	7	4	5	6	4	6	3	11	9	7
Spionidae		4		7	5	6	3		5	37	25	18	9	3	5															
CRUSTACEA																														
Ostracoda																														
Paradoxostomatidae	1		1	4	2		2	1	1		1	4	1	2				1	4	1	1		1		5	1	1	2		2
Sarsiellidae											2	2							4	1	3			6	2	1	3	1	3	1
Sarsiellidae '	2			3	1				1																					
Copepoda																														
Calanoida																										1				
Tortanidae																														
(Cyclopoida)																														
Cyclopidae																														
(Lithomolgidae ')																														

Taxon	Échantillon																											
	A1-2	A1-3	A1-5	A2-1	A2-2	A2-3	A4-1	A4-2	A4-3	A6-1	A6-2	A6-3	B1-2	B1-3	B1-4	C1-1	C1-2	C1-3	D1-1	D1-2	D1-3	D4-1	D4-2	D4-3	D5-2	D5-3	D5-5	D7-1	D7-2	D7-4
(Othonidae)																														
Mysidacea																														
(Mysidae)						1																								
Cumacea																														
Bodotriidae		1		1										2						2					1				2	
Diastylidae																							1	2		1				
(Leuconidae)																														
Isopoda																														
Anthuridae														1								1								
Idoteidae								1	1	1	2	2			3	1			1	1	1		3	2		1	1	4	3	5
Amphipoda																													1	
Ampeliscidae																														1
Isaeidae									3		2				1				1	2	1		2			6		2	1	2
Lysianassidae																	1			1										
(Phoxocephalidae)																														
(Stenothoidae)																														
Decapoda																														
Brachyura																														
(Cancridae)																														
ACARI					1																									
ECHINODERMATA																														
Echinarachnidae	1							2	2	1	1			1		1	1													
FORAMINIFERA (p = présence)	p	p	p	p	p	p	p	p	p				p	p	p							p	p	p	p	p	p	p	p	p
Abondance totale	26	24	37	58	40	46	36	45	44	88	83	69	46	51	49	16	16	16	54	36	49	40	45	58	80	57	41	56	65	51
Densité (n/m2)	650	600	925	1450	1000	1150	900	1125	1100	2200	2075	1725	1150	1275	1225	400	400	400	1350	900	1225	1000	1125	1450	2000	1425	1025	1400	1625	1275
Richesse (*S*)	14	11	16	18	14	13	14	14	19	13	16	17	14	14	15	8	9	9	15	18	17	13	15	17	15	19	12	15	18	15
Richesse par zone																		35												34
Diversité (*H'*)	3 51	3 24	3 59	3 80	3 39	3 21	3 55	3 27	3 81	2 63	3 32	3 35	3 28	2 95	3 30	2 73	2 85	2 95	3 47	3 90	3 45	3 31	3 55	3 72	3 56	3 65	3 04	3 38	3 62	3 60
Régularité (*J*)	0 92	0 88	0 90	0 91	0 89	0 87	0 93	0 86	0 90	0 71	0 83	0 82	0 86	0 77	0 84	0 91	0 90	0 93	0 89	0 94	0 84	0 90	0 91	0 91	0 91	0 86	0 85	0 87	0 87	0 92

Note: Les taxons Nematoda, Acari et Foraminifera ne sont présentés qu'à titre informatif, ils n'ont été inclus dans le calcul d'aucun indice, ni dans aucune analyse statistique. Les taxons apparaissant entre parenthèses étaient considérés comme des taxons rares et n'ont pas été inclus dans l'analyse des correspondances.

Annexe L (suite) Abondance des invertébrés récoltés dans les échantillons

Taxon	Echantillon																												
	ZR3-1	ZR3-2	ZR3-4	ZR5-1	ZR5-2	ZR5-3	ZR8-1	ZR8-2	ZR8-3	ZE3-1	ZE3-2	ZE3-3	ZE5-2	ZE5-3	ZE5-5	ZE8-1	ZE8-3	ZE8-4	REF1-1	REF1-4	REF1-5	REF3-3	REF3-4	REF3-5	REF3-6	REF5-1	REF5-3	REF5-5	REF5-6
CNIDARIA																											1		
Actiniaria					1																								
Edwardsiidae							1																						
NEMERTEA	26	28	40	36	33	46	32	68	64	9	6	8	7	15	12	9	1	12	7	15	32	2	145	82	44	29	40	7	3
NEMATODA																													
MOLLUSCA		1	1	1		3			2								1				1					1			
Bivalvia																													
Dreissenidae																													
Arctica islandica	8		1	5	2	2	4	2	2	1	2	1	4	1	1	1	2	3		4	8	1	1		2	3		2	2
Mytilidae																													
Modiolus modiolus	6	2	8	11	4	31	8	12	6	3	46	7	3	1	1	1		1	19	6	7	6	36	26	18	19	8	13	19
Nuculanidae																													
(*Yoldiella iris* ?)																		1											
Yoldia myalis	1				1		1					1																	
Nuculidae																			2	3	1	1	3	1	3	2	5	3	2
Nucula tenuis		1									1	1																	
Pandoridae																	1				1							1	
Pandora glacialis	1		1		1	1		1																					
Pandora sp		1		1																									
Solenidae																													
Ensis directus																													
Tellinidae																	4	4											
Tellina agilis	3	6			1		4		1		1	1																	
Thraciidae																													
Thracia conradi					1							1													1				
Gastropoda																													
Nassariidae																													
Ilyanassa trivittata	4	7	7	7	8	6	4	9	11	5	5	6	2	1	5	12	7	8		6	4	3	1	6	1	4	1	3	8
Naticidae																													
Euspira heros				3		1			1		4		2					1			2								
(*Euspira triseriata*)																													
POLYCHAETA	13	4	6	4	3	4	1	2	1		1	1	3	1	3	2		4	1	5	1	1	7	1	4		1	12	
Ampharetidae																													
Capitellidae																			1						1				
Cirratulidae																													
Dorvilleidae		1	1																			2							
Glyceridae					1						1																		
Lumbrineridae	9	2	8	4	16	8	17	12	15	3	3	2	9	7	4	4	3	4	5	13	19	10	28	21	9	14	9	13	8
Maldanidae	6	15	13	3	2	10	3	1	2	2	5	5	8	4	1	1	3	1	1				2			2		1	1
Nephtyidae	6	1	4	2	2	1	1	3			2	2	2	2	1	1	2		1	2	1	1	1	2	5	1	1	4	1
Orbiniidae																		2											
Paraonidae														2	1														1
Phyllodocidae											1	1									1	1		3	1	1		1	
Sabellidae																						2	1				2		
Sigalionidae	3	2			1	1	1		1	3	2		1	2	2	1		4	4	1	2		3	2	2	2			5
Spionidae	14	13	18	2	11	5	4	6	5	3	24	6	13	3	4	1	4	2	2		1	13	19	12	6	6			2
CRUSTACEA																													
Ostracoda	2	2	4	1				4			1						3	3	1	2	3	2	3		2	1	2	3	4
Paradoxostomatidae	7	1	5			2					6	2	1	4	3		2												
Sarsiellidae				3	1		2											2	1	4	4	3	9	4	8	1	1	1	2
Sarsiellidae ?																													
Copepoda																													
Calanoida																							1						
Tortanidae																										1			
(Cyclopoida)		1										1																	
Cyclopidae																													
(Lithomolgidae ?)		1																											

Taxon	Échantillon																												
	ZR3-1	ZR3-2	ZR3-4	ZR5-1	ZR5-2	ZR5-3	ZR8-1	ZR8-2	ZR8-3	ZE3-1	ZE3-2	ZE3-3	ZE5-2	ZE5-3	ZE5-5	ZE8-1	ZE8-3	ZE8-4	REF1-1	REF1-4	REF1-5	REF3-3	REF3-4	REF3-5	REF3-6	REF5-1	REF5-3	REF5-5	REF5-6
(Oithonidae)		1																											
Mysidacea																													
(Mysidae)																													
Cumacea																													
Bodotriidae				1		2		1														1					1	1	1
Diastylidae					1																	2	2	2			1		
(Leuconidae)																								1					
Isopoda																													
Anthuridae																													
Idoteidae		2	3	3	4	1		2	4	5	2	2	2	2	3	2			2	2	6	7	2	3	1	3		2	2
Amphipoda	1																												
Ampeliscidae																				1									
Isaeidae			2	5	5	2	1	2	4	1	2			2	1		2				1	3	1		1	5	3	5	6
Lysianassidae																				1									
(Phoxocephalidae)												1																	
(Stenothoidae)																									1				
Decapoda																													
Brachyura																													
(Cancridae)			1																										
ACARI						1																		1					
ECHINODERMATA																													
Echinarachnidae															2								1						1
FORAMINIFERA (p = présence)	p	p	p	p	p	p	p	p	p										p	p	p		p	p	p	p	p	p	
Abondance totale	84	64	83	56	66	80	52	57	55	26	108	41	51	32	32	26	34	40	40	50	63	59	121	84	66	66	34	67	65
Densité (n/m2)	2100	1600	2075	1400	1650	2000	1300	1425	1375	650	2700	1025	1275	800	800	650	850	1000	1000	1250	1575	1475	3025	2100	1650	1650	850	1675	1625
Richesse (*S*)	15	19	16	16	19	16	14	13	13	9	17	17	13	13	14	10	12	14	12	13	17	17	18	13	17	16	11	17	16
Richesse par zone									33									28											33
Diversité (*H'*)	3 54	3 50	3 48	3 67	3 55	3 09	3 16	3 19	3 13	3 00	2 81	3 64	3 20	3 42	3 57	2 58	3 38	3 53	2 66	3 29	3 36	3 53	3 04	2 86	3 42	3 25	2 94	3 42	3 35
Régularité (*J*)	0 91	0 82	0 87	0 92	0 84	0 77	0 83	0 86	0 85	0 95	0 69	0 89	0 86	0 93	0 94	0 78	0 94	0 93	0 74	0 89	0 82	0 86	0 73	0 77	0 84	0 81	0 85	0 84	0 84

Note: Les taxons Nematoda, Acari et Foraminifera ne sont présentés qu'à titre informatif, ils n'ont été inclus dans le calcul d'aucun indice, ni dans aucune analyse statistique. Les taxons apparaissant entre parenthèses étaient considérés comme des taxons rares et n'ont pas été inclus dans l'analyse des correspondances.

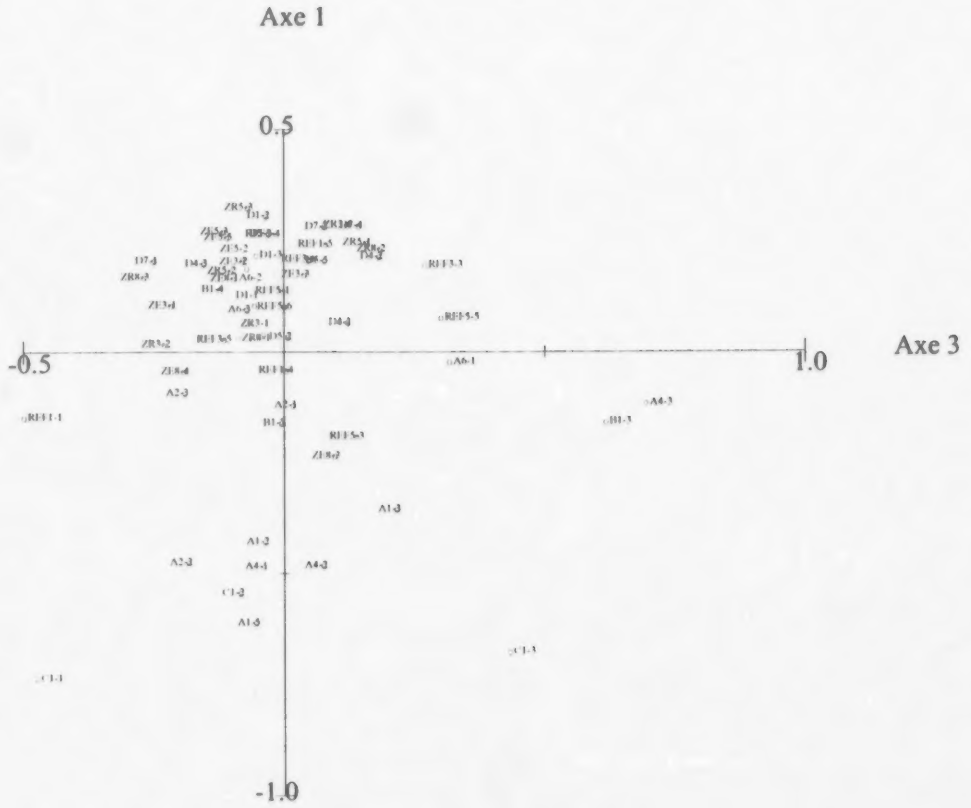
Annexe M Correspondance entre les noms des taxons et les abréviations utilisées dans les analyses des correspondances

Annexe M Correspondance entre les noms des taxons et les abréviations utilisées dans les analyses des correspondances

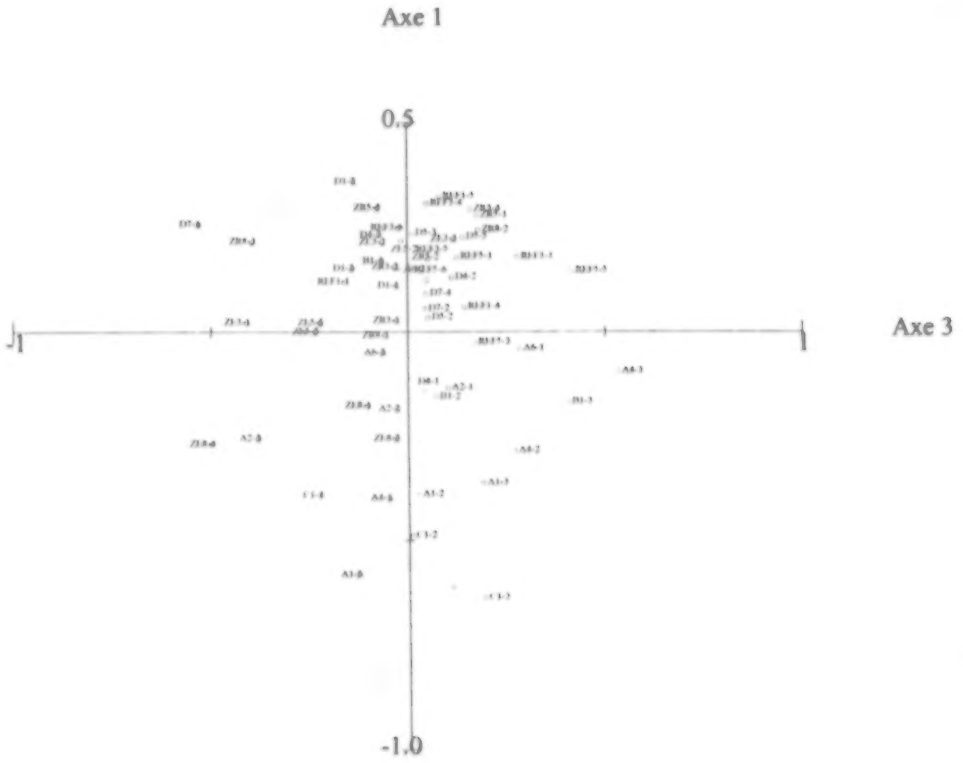
Taxon	Abréviation
Ampeliscidae	Ampe
Ampharetidae	Ampha
Amphipoda	Amphi
Anthuridae	Anth
Arctica islandica	Arc isl
Bivalvia	Biva
Bodotriidae	Bodo
Cancridae	Canc
Capitellidae	Capi
Cirratulidae	Cirr
Cyclopidae	Cycl
Diastylidae	Dias
Dorvilleidae	Dorv
Echinarachnidae	Echi
Edwardsiidae	Edwa
Ensis directus	Ens dir
Euspira heros	Eus her
Gastropoda	Gast
Glyceridae	Glyc
Idoteidae	Idot
Ilyanassa trivittata	Ily tri
Isaeidae	Isae
Lumbrineridae	Lumb
Lysianassidae	Lysi
Maldanidae	Mald
Modiolus modiolus	Mod mod
Nemertea	Neme
Nephtyidae	Neph
Nereidae	Nere
Nucula tenuis	Nuc ten
Orbiniidae	Orbi
Pandora glacialis	Pan gla
Pandora sp.	Pan sp
Paradoxostomatidae	Para
Paraonidae	Para
Phyllodocidae	Phyl
Polychaeta	Poly
Sabellidae	Sabe
Sarciellidae	Sarc
Sarciellidae ?	Sarc ?
Sigalionidae	Siga
Spionidae	Spio
Tellina agilis	Tel agi
Thracia conradi	Thr con
Tortanidae	Tort
Yoldia myalis	Yol mya

Annexe N Distribution des échantillons sur les axes 1 et 3 des analyses des correspondances

Annexe N 1 Pointages des échantillons sur les axes 1 et 3 de l'analyse des correspondances utilisant la matrice des abondances



Annexe N 2 Pointages des échantillons sur les axes 1 et 3 de l'analyse des correspondances utilisant la matrice des biomasses



Annexe O Résultats complets des analyses des correspondances

Annexe O 1 Pointages, contribution et corrélation des échantillons sur les trois premiers axes de l'analyse des correspondances utilisant la matrice des abondances

Échantillon	Pointage			Contribution			Corrélation		
	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 1	Axe 2	Axe 3
A1-2	-0,430468	-0,132998	-0,035894	0,040708	0,005096	0,000509	0,304191	0,029037	0,002115
A1-3	-0,357556	0,141857	0,215728	0,030991	0,006398	0,020271	0,174336	0,027441	0,063461
A1-5	-0,613305	0,159752	-0,054007	0,076937	0,006846	0,001072	0,433627	0,029421	0,003363
A2-1	-0,122163	0,166874	0,017716	0,002827	0,006917	0,000107	0,032527	0,060694	0,000684
A2-2	-0,477395	0,034536	-0,183159	0,050069	0,000344	0,013243	0,334698	0,001752	0,049267
A2-3	-0,094990	0,356256	-0,189674	0,002119	0,039090	0,015182	0,018965	0,266765	0,075617
A4-1	-0,486072	0,281910	-0,039023	0,051905	0,022898	0,000601	0,374771	0,126062	0,002416
A4-2	-0,484126	-0,170679	0,075186	0,051491	0,008394	0,002232	0,314002	0,039028	0,007573
A4-3	-0,117443	0,129595	0,693981	0,002508	0,004005	0,157352	0,014072	0,017134	0,491348
A6-1	-0,024309	0,215294	0,317833	0,000134	0,013816	0,041254	0,001115	0,087479	0,190650
A6-2	0,186544	0,105899	-0,070198	0,007118	0,003009	0,001811	0,143061	0,046104	0,020258
A6-3	0,093645	0,151273	-0,070776	0,001727	0,005912	0,001773	0,028575	0,074566	0,016323
B1-2	-0,162765	0,190652	-0,004710	0,005820	0,010473	0,000009	0,067277	0,092305	0,000056
B1-3	-0,159941	0,204672	0,616909	0,005620	0,012070	0,150239	0,037573	0,061529	0,558991
B1-4	0,138731	0,139329	-0,121919	0,004083	0,005401	0,005666	0,071652	0,072271	0,055338
C1-1	-0,737077	-0,448604	-0,474054	0,144036	0,069975	0,107061	0,415676	0,153977	0,171944
C1-2	-0,546181	0,267543	-0,083456	0,076830	0,024178	0,003223	0,379623	0,091089	0,008863
C1-3	-0,679635	-0,045749	0,433369	0,118963	0,000707	0,086917	0,504939	0,002288	0,205307
D1-1	0,103155	0,167046	-0,055657	0,002257	0,007763	0,001181	0,033229	0,087137	0,009673
D1-2	0,304434	-0,361688	-0,034093	0,017553	0,032495	0,000396	0,148597	0,209746	0,001864
D1-3	0,215663	0,143586	-0,052773	0,009161	0,005326	0,000986	0,170389	0,075529	0,010203
D4-1	0,064323	0,107268	0,121609	0,000940	0,003430	0,006039	0,010969	0,030504	0,039206
D4-2	0,213125	-0,082618	0,181927	0,009979	0,001967	0,013066	0,168343	0,025297	0,122664
D4-3	0,196735	0,242249	-0,152970	0,007624	0,015160	0,008282	0,102146	0,154876	0,061755
D5-2	0,031794	0,200123	0,007813	0,000222	0,011540	0,000024	0,004098	0,162363	0,000248
D5-3	0,263972	-0,020135	-0,029438	0,012670	0,000097	0,000283	0,184012	0,001071	0,002288
D5-5	0,203589	-0,069491	0,077751	0,009734	0,001487	0,002551	0,208019	0,024236	0,030339
D7-1	0,202934	0,304174	-0,248144	0,008736	0,025740	0,023470	0,081677	0,183501	0,122124
D7-2	0,280244	0,107980	0,076498	0,014875	0,002896	0,001992	0,159085	0,023618	0,011854
D7-4	0,282409	-0,036896	0,143487	0,016918	0,000379	0,007848	0,261685	0,004467	0,067553
ZR3-1	0,038956	0,247809	-0,038410	0,000322	0,017085	0,000562	0,005065	0,204963	0,004924
ZR3-2	0,014194	-0,086394	-0,228403	0,000041	0,002002	0,019175	0,000419	0,015540	0,108616
ZR3-4	0,283866	-0,003844	0,120288	0,017093	0,000004	0,005515	0,264245	0,000048	0,047449
ZR5-1	0,244630	-0,117983	0,157002	0,012241	0,003734	0,009060	0,163336	0,037993	0,067278
ZR5-2	0,180470	0,131359	-0,101970	0,005922	0,004115	0,003397	0,067934	0,035991	0,021688
ZR5-3	0,323005	0,078330	-0,069279	0,021341	0,001646	0,001764	0,312552	0,018380	0,014378
ZR8-1	0,028613	0,176778	-0,086904	0,000180	0,009004	0,002981	0,002876	0,109764	0,026527
ZR8-2	0,229933	-0,049824	0,183736	0,012016	0,000740	0,013786	0,236466	0,011103	0,150991
ZR8-3	0,166244	0,292139	-0,268028	0,006281	0,025438	0,029338	0,060947	0,188208	0,158424
ZE3-1	0,102504	0,177971	-0,216183	0,002706	0,010699	0,021629	0,028010	0,084438	0,124589
ZE3-2	0,201308	0,053912	-0,079502	0,007983	0,000751	0,002237	0,150246	0,010776	0,023433
ZE3-3	0,172371	0,095732	0,038867	0,006077	0,002459	0,000555	0,072519	0,022369	0,003687
ZE5-2	0,207942	0,065455	-0,078157	0,009827	0,001277	0,002495	0,191450	0,018970	0,027046
ZE5-3	0,268333	0,052906	-0,116161	0,016363	0,000834	0,005510	0,337974	0,013138	0,063336
ZE5-5	0,255241	0,053083	-0,108635	0,014312	0,000812	0,004659	0,254054	0,010989	0,046022
ZE8-1	0,163192	0,037959	-0,096580	0,006657	0,000472	0,004190	0,206037	0,011148	0,072165
ZE8-3	-0,237216	0,213265	0,096670	0,013215	0,014008	0,003943	0,108173	0,087432	0,017964
ZE8-4	-0,046314	0,323991	-0,192051	0,000471	0,030245	0,014560	0,003908	0,191236	0,067195
REF1-1	-0,149655	-0,511770	-0,498229	0,005260	0,080665	0,104748	0,019744	0,230888	0,218832
REF1-4	-0,043901	-0,464214	0,003874	0,000438	0,064231	0,000006	0,003644	0,407496	0,000028
REF1-5	0,240377	-0,397808	0,079573	0,011381	0,040882	0,002241	0,110484	0,302595	0,012107
REF3-3	0,194095	-0,519325	0,270795	0,007421	0,069673	0,025955	0,059891	0,428753	0,116576
REF3-4	0,262862	-0,206125	-0,021516	0,013088	0,010554	0,000158	0,173463	0,106662	0,001162
REF3-5	0,025552	-0,444461	-0,114350	0,000153	0,060845	0,005518	0,001303	0,394257	0,026097
REF3-6	0,206753	-0,449703	0,047678	0,008744	0,054253	0,000836	0,087669	0,414753	0,004662
REF5-1	0,135840	-0,147649	-0,002540	0,003774	0,005848	0,000002	0,044527	0,052606	0,000016
REF5-3	-0,192627	-0,555413	0,138754	0,008995	0,098074	0,008386	0,057746	0,480090	0,029963
REF5-5	0,075159	-0,343737	0,301391	0,001113	0,030524	0,032152	0,009055	0,189404	0,145612
REF5-6	0,099629	-0,140787	0,001213	0,002030	0,005317	0,000001	0,023395	0,046718	0,000003

Annexe O 2 Pointages, contributions et corrélations des taxons sur les trois premiers axes de l'analyse des correspondances utilisant la matrice des abondances

Taxon	Pointage			Contribution			Corrélation		
	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Ampeliscidae	-0,031369	-0,036709	-0,004660	0,000425	0,000763	0,000017	0,022133	0,030309	0,000488
Ampharetidae	0,965389	-0,165726	0,021283	0,084809	0,003278	0,000074	0,259661	0,007652	0,000126
Amphipoda	-0,026315	0,024756	-0,013835	0,000299	0,000347	0,000148	0,016886	0,014945	0,004667
Anthuridae	-0,052296	0,021610	0,044974	0,001181	0,000264	0,001569	0,060646	0,010356	0,044852
Arctica islandica	1,104476	0,986036	0,586367	0,083282	0,087056	0,042180	0,237613	0,189385	0,066973
Bivalvia	0,054541	0,016739	-0,089827	0,001014	0,000125	0,004942	0,009754	0,000919	0,026456
Bodotriidae	0,016392	-0,106616	0,174909	0,000094	0,005195	0,019155	0,000951	0,040246	0,108317
Capitellidae	-0,102906	0,028598	-0,005925	0,004572	0,000463	0,000027	0,217027	0,016761	0,000719
Cirratulidae	-0,074358	-0,083436	-0,049414	0,002345	0,003873	0,001861	0,087144	0,109720	0,038484
Cyclopidae	-0,027003	-0,004489	-0,013983	0,000315	0,000011	0,000152	0,017421	0,000481	0,004671
Diastylidae	0,047080	-0,100477	0,012292	0,000856	0,005115	0,000105	0,014616	0,066573	0,000996
Dorvilleidae	-0,047662	0,029585	-0,044524	0,000912	0,000461	0,001430	0,019336	0,007450	0,016874
Echinarachnidae	-0,181071	-0,011395	0,070633	0,011921	0,000062	0,003260	0,135495	0,000537	0,020618
Edwardsiidae	-0,030297	-0,015998	-0,000289	0,000396	0,000145	0,000000	0,023705	0,006610	0,000002
Ensis directus	-0,092372	0,022663	-0,020079	0,003684	0,000291	0,000313	0,211616	0,012738	0,009999
Euspira heros	-0,027059	0,105291	0,014622	0,000255	0,005066	0,000134	0,002556	0,038702	0,000746
Gastropoda	-0,057873	-0,063358	0,020860	0,001421	0,002233	0,000332	0,054008	0,064729	0,007017
Glyceridae	-0,297751	0,022972	0,004667	0,030892	0,000241	0,000014	0,308588	0,001837	0,000076
Idoteidae	0,880497	-0,530932	-0,196942	0,105766	0,050436	0,009508	0,360037	0,130909	0,018012
Ilyanassa trivittata	1,563263	1,939895	2,299852	0,037443	0,075620	0,145624	0,101729	0,156653	0,220182
Isaeidae	0,561229	-0,163003	0,103723	0,066822	0,007393	0,004101	0,302818	0,025544	0,010343
Lumbrineridae	0,950197	-0,524877	-2,169658	0,034357	0,013749	0,321881	0,087266	0,026628	0,454988
Lysianassidae	-0,065345	-0,041544	-0,027050	0,001811	0,000960	0,000558	0,066716	0,026966	0,011433
Maldanidae	0,269823	1,671271	-0,186816	0,004973	0,250203	0,004283	0,013504	0,518063	0,006473
Modiolus modiolus	1,919556	-0,268706	0,206863	0,195970	0,005036	0,004090	0,549673	0,010771	0,006384
Nemertea	-0,419477	0,081390	-0,020767	0,061314	0,003027	0,000270	0,584315	0,021998	0,001432
Nephtyidae	0,127838	-1,170863	0,952901	0,000744	0,081892	0,074316	0,002028	0,170117	0,112676
Nucula tenuis	0,135372	-0,445835	-0,020376	0,005692	0,080966	0,000232	0,043145	0,467971	0,000977
Orbiniidae	-0,167729	0,063873	0,024175	0,010655	0,002027	0,000398	0,152251	0,022079	0,003163
Pandora glacialis	0,027242	0,171922	0,210019	0,000230	0,012040	0,024616	0,001754	0,069852	0,104240
Pandora sp	-0,026534	-0,007869	-0,013045	0,000299	0,000034	0,000130	0,011448	0,001007	0,002767
Paradoxostomatidae	-0,145176	-0,377271	0,360579	0,003194	0,028293	0,035410	0,011366	0,076761	0,070119
Paraonidae	-0,119170	0,057291	-0,028386	0,005594	0,001696	0,000570	0,096471	0,022296	0,005474
Phyllodocidae	-0,037138	-0,118190	0,299269	0,000397	0,005274	0,046327	0,002492	0,025235	0,161797
Sabellidae	-0,013699	-0,097497	0,013548	0,000078	0,005194	0,000137	0,002470	0,125110	0,002416
Sarcsellidae	0,304209	0,187092	-0,138887	0,025940	0,012868	0,009716	0,160453	0,060690	0,033445
Sarcsellidae ?	-0,055826	-0,355550	0,032590	0,000944	0,050240	0,000578	0,006727	0,272862	0,002292
Sigalionidae	0,034315	0,197385	-0,968450	0,000161	0,006971	0,229904	0,000520	0,017219	0,414503
Spionidae	1,444396	0,785486	-0,161883	0,142585	0,055303	0,003218	0,406807	0,120307	0,005110
Tellina agilis	-0,570864	0,707707	-0,090588	0,061741	0,124449	0,002794	0,240533	0,369672	0,006057
Thracia conradi	-0,064529	0,050934	-0,034996	0,001703	0,001392	0,000900	0,043608	0,027169	0,012826
Tortanidae	-0,013310	-0,016995	-0,021310	0,000076	0,000164	0,000352	0,004671	0,007615	0,011974
Yoldia myalis	0,090220	0,146329	-0,083584	0,002836	0,009785	0,004374	0,029480	0,077549	0,025302

Annexe O 3 Pointages, contributions et corrélations des échantillons sur les trois premiers axes de l'analyse des correspondances utilisant la matrice des biomasses

Échantillon	Pointage			Contribution			Corrélation		
	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 1	Axe 2	Axe 3
A1-2	-0,391055	0,016903	0,025092	0,044994	0,000104	0,000270	0,355553	0,000664	0,001464
A1-3	-0,363751	0,144801	0,188890	0,042690	0,008374	0,016793	0,254087	0,040264	0,068517
A1-5	-0,583413	0,052792	-0,125581	0,093685	0,000950	0,006332	0,523297	0,004285	0,024246
A2-1	-0,135715	0,058926	0,101532	0,004197	0,000979	0,003426	0,034572	0,006517	0,019350
A2-2	-0,186487	0,052227	-0,026526	0,009902	0,000961	0,000292	0,111393	0,008737	0,002254
A2-3	-0,256681	0,190772	-0,380790	0,020009	0,013681	0,064240	0,121009	0,066844	0,266319
A4-1	-0,399984	0,089667	-0,048792	0,045555	0,002834	0,000989	0,396668	0,019935	0,005903
A4-2	-0,285953	-0,116851	0,269297	0,022507	0,004652	0,029119	0,151434	0,025287	0,134307
A4-3	-0,096384	0,063256	0,533379	0,002381	0,001269	0,106354	0,011807	0,005086	0,361586
A6-1	-0,041657	0,136135	0,282794	0,000511	0,006749	0,034324	0,003612	0,038580	0,166480
A6-2	0,147090	0,058318	-0,018220	0,005955	0,001159	0,000133	0,107359	0,016876	0,001647
A6-3	-0,051997	0,118669	-0,062620	0,000667	0,004302	0,001412	0,006749	0,035153	0,009788
B1-2	-0,156593	0,089597	0,071783	0,006982	0,002829	0,002140	0,074347	0,024339	0,015623
B1-3	-0,169052	0,141167	0,406145	0,007595	0,006555	0,063949	0,040960	0,028562	0,236418
B1-4	0,168311	0,068799	-0,064985	0,007798	0,001613	0,001696	0,112658	0,018824	0,016795
C1-1	-0,392588	-0,799407	-0,220938	0,051188	0,262711	0,023649	0,141070	0,584919	0,044679
C1-2	-0,489136	0,051588	0,008581	0,081731	0,001125	0,000037	0,575491	0,006401	0,000177
C1-3	-0,637554	-0,246415	0,192002	0,138851	0,025674	0,018370	0,522745	0,078089	0,047410
D1-1	0,109710	0,071333	-0,027003	0,003199	0,001674	0,000283	0,037577	0,015886	0,002276
D1-2	0,358533	-0,432181	-0,134668	0,029285	0,052670	0,006027	0,162590	0,236248	0,022938
D1-3	0,150852	0,116054	-0,139230	0,006264	0,004589	0,007784	0,070919	0,041974	0,060412
D4-1	-0,143185	0,177305	0,044122	0,006421	0,012186	0,000889	0,052434	0,080401	0,004979
D4-2	0,129905	0,110564	0,111991	0,004645	0,004165	0,005036	0,043336	0,031392	0,032208
D4-3	0,230144	0,128692	-0,070694	0,014077	0,005448	0,001938	0,174721	0,054632	0,016486
D5-2	0,034052	0,112227	0,052209	0,000308	0,004143	0,001057	0,003850	0,041823	0,009051
D5-3	0,235113	0,071403	0,012388	0,013118	0,001498	0,000053	0,155743	0,014364	0,000432
D5-5	0,226126	-0,003515	0,140060	0,015043	0,000005	0,008419	0,255912	0,000062	0,098179
D7-1	0,255983	-0,238136	-0,530038	0,017415	0,018655	0,108918	0,075462	0,065306	0,323531
D7-2	0,054289	0,089743	0,043296	0,000755	0,002555	0,000701	0,004730	0,012926	0,003009
D7-4	0,090899	0,107120	0,047749	0,002353	0,004044	0,000947	0,024296	0,033741	0,006704
ZR3-1	0,025670	0,115247	-0,028049	0,000175	0,004369	0,000305	0,002135	0,043026	0,002549
ZR3-2	0,153111	0,063273	-0,030607	0,006230	0,001317	0,000363	0,095695	0,016343	0,003824
ZR3-4	0,292345	0,079323	0,159772	0,020286	0,001849	0,008839	0,176416	0,012988	0,052693
ZR5-1	0,277528	-0,003952	0,176919	0,020468	0,000005	0,012134	0,250787	0,000051	0,101915
ZR5-2	0,155547	0,067948	0,003695	0,005971	0,001410	0,000005	0,057438	0,010961	0,000032
ZR5-3	0,295163	0,110854	-0,075051	0,022326	0,003898	0,002106	0,263512	0,037169	0,017042
ZR8-1	-0,010216	0,109354	-0,055668	0,000028	0,003934	0,001201	0,000311	0,035601	0,009226
ZR8-2	0,242655	0,019941	0,179585	0,016765	0,000140	0,013395	0,254299	0,001717	0,139286
ZR8-3	0,214222	0,126367	-0,393236	0,013937	0,006003	0,068507	0,106847	0,037180	0,360033
ZE3-1	0,020246	0,156094	-0,407917	0,000136	0,010017	0,080621	0,000926	0,055025	0,375777
ZE3-2	0,213383	0,013147	-0,062598	0,011238	0,000053	0,001411	0,155917	0,000592	0,013418
ZE3-3	0,220813	0,071513	0,117954	0,012958	0,001682	0,005394	0,126359	0,013254	0,036057
ZE5-2	0,217447	0,116282	-0,015779	0,013015	0,004607	0,000100	0,197053	0,056351	0,001038
ZE5-3	-0,001241	0,167747	-0,234196	0,000000	0,010578	0,024299	0,000005	0,095174	0,185510
ZE5-5	0,019823	0,157457	-0,220865	0,000123	0,009611	0,022286	0,001582	0,099823	0,196409
ZE8-1	-0,178793	0,027727	-0,101797	0,01092	0,000325	0,005164	0,123740	0,002976	0,040112
ZE8-3	-0,257353	0,173760	-0,029971	0,020113	0,011349	0,000398	0,148153	0,067538	0,002009
ZE8-4	-0,270226	0,224503	-0,498416	0,021484	0,018355	0,106617	0,106949	0,073819	0,363837
REF1-1	0,118021	-0,916139	-0,158092	0,004098	0,305625	0,010726	0,011735	0,707091	0,021056
REF1-4	0,058765	-0,180830	0,143190	0,000918	0,010757	0,007949	0,008010	0,075843	0,047555
REF1-5	0,322643	-0,018479	0,080986	0,024706	0,000100	0,002271	0,299784	0,000983	0,018888
REF3-3	0,178198	-0,052402	0,278606	0,008139	0,000871	0,029022	0,083589	0,007228	0,204328
REF3-4	0,306443	-0,056015	0,049582	0,023178	0,000959	0,000885	0,277165	0,009261	0,007256
REF3-5	0,173397	0,059448	0,052985	0,008561	0,001246	0,001166	0,140737	0,016542	0,013141
REF3-6	0,247584	-0,367959	-0,022093	0,016871	0,046127	0,000196	0,139017	0,307058	0,001107
REF5-1	0,178601	-0,037783	0,124797	0,007873	0,000436	0,005607	0,072345	0,003238	0,035323
REF5-3	-0,026330	-0,459988	0,169205	0,000204	0,077050	0,012287	0,001136	0,346615	0,046901
REF5-5	0,144291	-0,175977	0,417083	0,004941	0,009097	0,060226	0,030880	0,045931	0,258012
REF5-6	0,124395	-0,014906	0,048394	0,004259	0,000076	0,000940	0,051472	0,000739	0,007790

Annexe O 4 Pointages, contributions et corrélations des taxons sur les trois premiers axes de l'analyse des correspondances utilisant la matrice des biomasses

Taxon	Pointage			Contribution			Corrélation		
	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Ampeliscidae	-0,05089	-0,01034	-0,01363	0,00140	0,00007	0,00015	0,05697	0,00235	0,00409
Ampharetidae	0,76136	0,05488	-0,08950	0,07713	0,00050	0,00156	0,19608	0,00102	0,00271
Amphipoda	-0,04392	0,00884	-0,01831	0,00103	0,00005	0,00026	0,03218	0,00131	0,00559
Anthuridae	-0,07224	0,00652	0,00475	0,00287	0,00003	0,00002	0,19416	0,00158	0,00084
Arctica islandica	0,10772	0,02150	0,08956	0,00440	0,00022	0,00444	0,02628	0,00105	0,01817
Bivalvia	0,00161	0,00130	-0,05422	0,00000	0,00000	0,00212	0,00002	0,00001	0,02211
Bodotriidae	0,02812	-0,05734	0,10537	0,00036	0,00185	0,00738	0,00355	0,01477	0,04988
Cancridae	-0,04007	0,00171	-0,01603	0,00088	0,00000	0,00021	0,06517	0,00012	0,01043
Cirratulidae	-0,05684	-0,11723	-0,02276	0,00172	0,00904	0,00040	0,04939	0,21007	0,00792
Cyclopidae	-0,03315	-0,00185	-0,00918	0,00059	0,00000	0,00007	0,02569	0,00008	0,00197
Diastylidae	0,05442	0,00851	0,04843	0,00143	0,00004	0,00166	0,01923	0,00047	0,01523
Dorvilleidae	-0,03335	0,03524	-0,03057	0,00056	0,00077	0,00069	0,00951	0,01062	0,00799
Echinarachnidae	-0,20143	-0,03829	0,09802	0,018133	0,000822	0,006323	0,167845	0,006063	0,039746
Edwardsiidae	-0,04023	-0,01304	-0,00607	0,00088	0,00011	0,00003	0,04000	0,00421	0,00091
Ensis directus	-0,11250	0,00430	-0,03205	0,00685	0,00001	0,00081	0,30390	0,00044	0,02467
Euspira heros	0,00576	0,06659	-0,13366	0,00002	0,00245	0,01162	0,00013	0,01699	0,06844
Gastropoda	-0,08132	-0,05812	-0,02508	0,00358	0,00226	0,00050	0,14603	0,07459	0,01389
Glyceridae	-0,29729	-0,07239	-0,02690	0,03691	0,00271	0,00044	0,24869	0,01475	0,00204
Idoteidae	0,99085	-0,27331	-0,01783	0,16795	0,01582	0,00008	0,45600	0,03469	0,00015
Ilyanassa trivittata	0,53420	3,71772	0,89142	0,00562	0,33677	0,02282	0,01219	0,59041	0,03394
Isaeidae	0,41609	-0,01594	-0,17188	0,05258	0,00010	0,01309	0,21195	0,00031	0,03617
Lumbrineridae	1,04254	-0,21302	-1,54538	0,05226	0,00270	0,16751	0,10971	0,00458	0,24106
Lysianassidae	-0,06780	-0,04971	-0,02904	0,00244	0,00163	0,00065	0,07272	0,03909	0,01334
Maldanidae	0,04240	2,21067	0,48757	0,00012	0,40435	0,02318	0,00025	0,68853	0,03349
Modiolus modiolus	1,02091	-0,16386	0,41481	0,16832	0,00537	0,04054	0,46988	0,01210	0,07757
Nemertea	-0,42055	-0,04066	-0,01495	0,07721	0,00089	0,00014	0,57973	0,00542	0,00073
Nephtyidae	0,02654	-0,40918	2,12993	0,00003	0,00997	0,31824	0,00007	0,01727	0,46804
Nereidae	-0,04008	0,00171	-0,01604	0,00088	0,00000	0,00021	0,06523	0,00012	0,01044
Nucula tenuis	0,15597	-0,25842	0,09092	0,01039	0,03530	0,00515	0,08171	0,22432	0,02777
Orbiniidae	-0,17762	0,05947	-0,01272	0,01467	0,00204	0,00011	0,14736	0,01652	0,00076
Pandora glacialis	-0,00074	0,10207	0,17669	0,00000	0,00551	0,01945	0,00000	0,03469	0,10395
Paradoxostomatidae	0,07490	-0,30330	0,31665	0,00117	0,02379	0,03056	0,00362	0,05929	0,06463
Paraonidae	-0,17156	0,04014	-0,04143	0,01480	0,00100	0,00126	0,22479	0,01230	0,01311
Phyllodocidae	-0,07277	0,09332	0,28726	0,00191	0,00389	0,04342	0,00956	0,01573	0,14902
Polychaeta	0,75268	-0,43681	0,56871	0,06469	0,02697	0,05387	0,16564	0,05579	0,09456
Sabellidae	-0,01272	-0,04537	0,01422	0,00008	0,00133	0,00015	0,00208	0,02640	0,00260
Sarcellidae	0,21956	0,13076	-0,19333	0,01739	0,00763	0,01966	0,08998	0,03191	0,06976
Sarcellidae ?	0,00541	-0,14505	0,13311	0,00001	0,01013	0,01006	0,00007	0,04952	0,04170
Sigalionidae	0,01857	0,03012	-0,81960	0,00006	0,00018	0,15844	0,00014	0,00037	0,27445
Spionidae	1,11832	0,81842	-0,37726	0,11933	0,07911	0,01981	0,27896	0,14940	0,03175
Tellina agilis	-0,50293	0,09237	-0,07017	0,08642	0,00361	0,00245	0,38099	0,01285	0,00742
Thracia conradi	-0,03676	0,01884	-0,01552	0,00071	0,00023	0,00018	0,01664	0,00437	0,00296
Tortanidae	-0,02306	-0,00330	-0,02468	0,00029	0,00001	0,00048	0,01312	0,00027	0,01504
Yoldia myalis	0,01403	0,05420	-0,15936	0,00009	0,00159	0,01617	0,00070	0,01045	0,09033

Annexe P Biomasse (g) des invertébrés récoltés dans les échantillons

Annexe P Biomasse (g) des invertébrés récoltés dans les échantillons

Taxon	Échantillon [B]																												
	A1-2	A1-3	A1-5	A2-1	A2-2	A2-3	A4-1	A4-2	A4-3	A6-1	A6-2	A6-3	B1-2	B1-3	B1-4	C1-1	C1-2	C1-3	D1-1	D1-2	D1-3	D4-1	D4-2	D4-3	D5-2	D5-3	D5-5	D7-1	D7-2	D7-4
CNIDARIA																														
Actiniaria																														
Edwardsiidae																														
NEMERTEA	0,0028		0,0143	0,0005	0,0013	0,0404	0,0167	0,0512	0,0034			0,0151				0,0052	0,0021	0,0022												
MOLLUSCA															nd					0,0004	0,0005			nd						
Bivalvia				0,0006	nd																									
Dreissenidae																														
Arctica islandica			nd	0,0044		nd	nd		nd	nd	nd	0,0539	nd	0,0094	nd		nd	nd	nd	0,0003	nd	0,0003	0,0001	nd	0,0003	nd	nd	0,0005	0,0350	0,0003
Mytilidae																														
Modiolus modiolus	nd	nd		0,0001		nd		0,0009	0,0007	0,0006	0,0005	nd	0,0005	0,0006	0,0006				0,0005	0,0006	0,0012	0,0001	0,0343	0,0002	0,0001	0,0006	0,0003	0,0005	nd	nd
Nuculanidae																							0,0002							
(*Yoldiella iris* ?)																														
Yoldia myalis												0,0004							0,0023	0,0009		0,0007		0,0025			0,0005	0,0032	0,0006
Nuculidae																														
Nucula tenuis																				0,0003					nd	0,0008		0,0007		
Pandoridae																														
Pandora glacialis				0,0002			nd		0,0009	0,0004				0,0005					0,0003		nd		0,0006	0,0006			0,0003		
Pandora sp																						nd								
Solenidae																														
Ensis directus			0,0896	0,0352																										
Tellinidae																														
Tellina agilis	0,0060	nd	0,0007	0,0297	nd	0,0139	0,0144	0,0007		0,0012	0,0004	0,0008	0,0007	0,0004	nd	0,0009	0,0137	0,0050	0,0003			nd			nd	0,0002	0,0003		nd	nd
Thraciidae																														
Thracia conradi			nd								0,0003		0,0004																	
Gastropoda																		0,0005		0,0006										
Nassariidae																														
Ilyanassa trivittata	0,0574	0,0775	0,1026	0,0167	0,1748	0,0753	0,0136	0,0569	0,1424	0,1706	0,1469	0,0609	0,0434	0,0410	0,0600		0,0178	0,0685	0,0233	0,0056	0,0238	0,0209	0,0009	0,0666	0,0503	0,0526	0,1007	0,0627	0,0759	0,0239
Naticidae																														
Euspira heros			0,0026						0,0011									nd				0,0009		0,0006			0,0006		
(*Euspira triseriata*)																									0,0029					
POLYCHAETA [A]	0,0069	0,0007		0,0013	0,0023	0,0015	0,0013	0,0105	0,0005	0,0062	0,0025	0,0036	0,0015	0,0006	0,0279	0,0019			0,0006	0,0008				0,0028	0,0007	0,0008	0,0006	0,0024	0,0007	0,0017
Ampharetidae	0,0005		0,0009	0,0050	0,0016	0,0028			0,0063	0,0010	0,0044	0,0005		0,0003	0,0010					0,0007	0,0068	nd	0,0007	0,0009	0,0087	0,0004	0,0004	0,0005	nd	0,0003
Capitellidae		nd															0,0012													
Cirratulidae								0,0016																					0,0004	
Dorvilleidae [A]					0,0004							0,0023			0,0003													0,6242		
Glyceridae [A]		0,0003	0,0244	0,0822	0,0014	0,0010	0,0063	0,0032	0,0006						0,0128	0,0011		0,0009												
Lumbrineridae	0,0042		0,0098	0,0011	0,0677	0,0007	0,0188	0,0071			0,0009	0,0052	0,0290		0,0569	0,0059	0,0159		0,0423	0,0028	0,0585	0,0816	0,0625	0,0030	0,0870	0,0391	0,0025	0,0309	0,0293	0,1118
Maldanidae [A]	0,0033	0,0007	0,0008	0,0048	0,0030	0,0017	0,0010	0,0022	0,0021	0,0013	0,0020	0,0005	0,0115	0,0440	0,0423		0,0007		0,0024		0,0028	0,0023	0,0025	0,0008	0,0011	0,0001	0,0136		0,0007	0,0465
Nephtyidae [A]	0,0055	0,0009	0,0001	0,0009	0,0550		0,0133	0,0124	0,0002	0,0337	0,5999	0,0213	0,0535	0,1090	0,0468	0,0188	0,0135	0,0015	0,0658	0,0427	0,0157	0,1664	0,0768	0,0399	0,2180	0,0654	0,0709		0,0743	0,0372
Nereidae [A]																					0,0079		0,0039							
Orbiniidae [A]	0,0219		0,0151				0,0359	0,0201	0,0050						0,0206															
Paraonidae		0,0004	0,0005				0,0011						0,0005													0,0009				0,0014
Phyllodocidae	0,0377	0,0017				0,0010		0,0006	0,0009	0,0307		0,0037	0,0009	0,0005								0,0134	0,0007			0,0006				
Sabellidae																														
Sigalionidae	0,0336	0,0107	0,0005	0,0289	0,0508	0,0914	0,0122			0,0142	0,0187	0,0250	0,0338	0,0025	0,0199	0,0006			0,0239	0,0084	0,0312			0,0156	0,0285	0,0186		0,0066		
Spionidae		0,1640		0,0222	0,0193	0,0185	0,0045		0,0283	0,1909	0,1206	0,1127	0,0298	0,0147	0,0308				0,0853	0,0088	0,0095	0,0051	0,0022	0,0095	0,0062	0,0126	0,0061	0,0266	0,0096	0,0173
CRUSTACEA																														
Ostracoda																		0,0007	0,0016	0,0010	0,0008		0,0004		0,0022	0,0006	0,0003	0,0012		nd
Paradoxostomatidae	nd		0,0007	0,0017	0,0013		0,0010	0,0005	0,0010		0,0004	0,0021	0,0006	0,0010					0,0012	0,0006	0,0012			0,0039	0,0015	0,0005	0,0002	0,0014	0,0005	nd
Sarciellidae											0,0006	0,0006																		
Sarciellidae ?	0,0012			0,0010	0,0005				0,0007																					
Copepoda																														
Calanoida																										0,0004				
Tortanidae																														

Taxon	Échantillon [B]																													
	A1-2	A1-3	A1-5	A2-1	A2-2	A2-3	A4-1	A4-2	A4-3	A6-1	A6-2	A6-3	B1-2	B1-3	B1-4	C1-1	C1-2	C1-3	D1-1	D1-2	D1-3	D4-1	D4-2	D4-3	D5-2	D5-3	D5-5	D7-1	D7-2	D7-4
(Cyclopoida)																														
Cyclopidae																														
(Lithomolgidae ?)																														
(Othonidae)																														
Mysidacea																														
(Mysidae)						0,0014																								
Cumacea																														
Bodotriidae		nd		0,0001										0,0011						0,0011					0,0006				0,0018	
Diastylidae																							0,0009	0,0122		0,0060				
(Leuconidae)																														
Isopoda																														
Anthuridae														0,0007								nd								
Idoteidae								0,0021	0,0011	0,0028	0,0012	0,0011			0,0119	0,0013			0,0004	0,0028	0,0018		0,0050	0,0104		0,0056	0,0037	0,0031	0,0069	0,0078
Amphipoda [A]																													0,0006	
Ampeliscidae																														0,0084
Isaeidae															0,0003				0,0005	0,0005	0,0006		0,0008			0,0007		0,0003	0,0004	0,0008
Lysianassidae																	0,0017			0,0076										
(Phoxocephalidae)																														
(Stenothoidae)																														
Decapoda																														
Brachyura																														
Cancridae																														
ACARI					0,0002																									
ECHINODERMATA																														
Echinarachnidae	0,1650							0,1692	0,1456	0,0416	17,9809			25,1440		6,4872	0,9937													
Incluant les échinodermes																														
Biomasse totale (g)	0,3460	0,2569	0,2626	0,2366	0,3794	0,2496	0,1401	0,3392	0,3408	0,4952	18,8802	0,3097	0,2061	25,3703	0,3321	6,5229	1,0603	0,0793	0,2507	0,0865	0,1623	0,2917	0,1919	0,1695	0,4089	0,2058	0,2001	0,7620	0,2403	0,2580
Biomasse / m^2 (g/m^2)	8,65	6,43	6,57	5,92	9,49	6,24	3,50	8,48	8,52	12,38	472,01	7,74	5,15	634,26	8,30	163,07	26,51	1,98	6,27	2,16	4,06	7,29	4,80	4,24	10,22	5,15	5,00	19,05	6,01	6,45
Sans les échinodermes																														
Biomasse totale (g)	0,1810	0,2569	0,2626	0,2366	0,3796	0,2496	0,1401	0,1700	0,1952	0,4536	0,8993	0,3097	0,2061	0,2263	0,3321	0,0357	0,0666	0,0793	0,2507	0,0865	0,1623	0,2917	0,1919	0,1695	0,4089	0,2058	0,2001	0,7620	0,2403	0,2580
Biomasse / m^2 (g/m^2)	4,53	6,42	6,57	5,92	9,49	6,24	3,50	4,25	4,88	11,34	22,48	7,74	5,15	5,86	8,30	0,89	1,67	1,98	6,27	2,16	4,06	7,29	4,80	4,24	10,22	5,15	5,00	19,05	6,01	6,45

[A] Les biomasses rapportées pour ces taxons comprennent des morceaux de spécimens (spécimens incomplets).

[B] nd = non détectable.

Note: Les échinodermes n'ont été inclus dans aucune analyse statistique utilisant les données de biomasse. Les taxons apparaissant entre parenthèses étaient considérés comme des taxons rares et n'ont pas été inclus dans l'analyse des correspondances.

Annexe P (suite) Biomasse (g) des invertébrés récoltés dans les échantillons

Taxon	Échantillon [B]																														
	ZR3-1	ZR3-2	ZR3-4	ZR5-1	ZR5-2	ZR5-3	ZR8-1	ZR8-2	ZR8-3	ZE3-1	ZE3-2	ZE3-3	ZE5-2	ZE5-3	ZE5-5	ZE8-1	ZE8-3	ZE8-4	REF1-1	REF1-4	REF1-5	REF3-3	REF3-4	REF3-5	REF3-6	REF5-1	REF5-3	REF5-5	REF5-6
CNIDARIA																												0,0081	
Actiniaria																													
Edwardsiidae					0,0043																								
NEMERTEA							0,0003																						
MOLLUSCA																	0,0002				0,0113				nd				
Bivalvia		0,0096	nd	nd		0,0002			nd																				
Dreissenidae																													
Arctica islandica	0,0006		0,0002	0,0006	nd	nd	0,0006	nd	nd	nd	nd	nd	0,0002	nd	nd	nd	nd	nd		0,0004	0,0001	nd	nd		nd	0,0003		0,0002	nd
Mytilidae																													
Modiolus modiolus	0,0006	0,0002	0,0009	0,0012	0,0005	0,0095	0,0006	0,0012	0,0005	0,0007	0,0059	0,0007	0,0005	nd	nd	nd		nd	0,0015	0,0006	0,0003	0,0006	0,0079	0,0052	0,0007	0,0013	0,0008	0,0010	0,0017
Nuculanidae																													
(*Yoldiella iris* ?)																		0,0018											
Yoldia myalis	0,0007				0,0012		0,0008					0,0008							0,0018	0,0019	0,0009	0,0012	0,0046	nd	0,0038	0,0011	0,0045	0,0030	nd
Nuculidae											0,0009	0,0005																	
Nucula tenuis		nd																										0,0008	
Pandoridae																	0,0005				nd								
Pandora glacialis	nd		0,0003		0,0016	0,0002		0,0004																					
Pandora sp		nd		nd																									
Solenidae																													
Ensis directus																													
Tellinidae																													
Tellina agilis	0,0002	0,0007			nd		0,0003		nd		0,0002	nd					0,0008	0,0022											
Thraciidae																													
Thracia conradi					0,0022							0,0021													nd				
Gastropoda																													
Nassariidae																													
Ilyanassa trivittata	0,0100	0,0173	0,0395	0,0095	0,0300	0,0219	0,0066	0,0493	0,0432	0,0428	0,0870	0,0220	0,0157	0,0490	0,0501	0,0168	0,0124	0,0369		0,0262	0,0584	0,0123	0,0049	0,0349	0,0055	0,0309	0,0007	0,0179	0,0268
Naticidae																													
Euspira heros				0,0021		0,0005			0,0117		0,0012		0,0007					0,0026			0,0068								
(*Euspira triseriata*)																			0,0287	0,0356	0,0190	0,0033	0,0295	0,0065	0,0075	0,0459	0,0207	0,0155	0,0018
POLYCHAETA [A]	0,0067	0,0011	0,0078	0,0004	0,0002	0,0005	0,0013	0,0007	0,0011		0,0004	0,0008	0,0047																
Ampharetidae	0,0029	0,0006	0,0016	0,0003	0,0001	0,0021	0,0005	0,0001	0,0005		0,0005	0,0010	0,0038	0,0006	0,0004	0,0010		0,0007	0,0005	0,0017	0,0031	0,0006	0,0002	0,0008	0,0003		0,0001	0,0014	
Capitellidae																													
Cirratulidae																			0,0005						0,0004				
Dorvilleidae [A]		0,0014	0,0008																										
Glyceridae [A]					0,0560						0,0284											0,8464							
Lumbrineridae	0,0666	0,0113	0,0867	0,0006	0,0566	0,0304	0,0579	0,0538	0,3600	0,0409	0,0048	0,0141	0,1220	0,0872	0,0284	0,0450	0,0457	0,0784	0,0009	0,0574	0,0569	0,0203	0,0674	0,0635	0,1506	0,0222	0,1177	0,0771	0,0472
Maldanidae [A]	0,0051	0,0513	0,0148	0,0108	0,0006	0,0317	0,0008	0,0151	0,0007	0,0010	0,0237	0,0099	0,1267	0,0307	0,0004	0,0038	0,0040	0,0007		0,0297	0,072	0,0226	0,0335	0,0004		0,0382		0,0588	0,0004
Nephtyidae [A]	0,1453	0,0244	0,0950	0,0266	0,0152	0,0226	0,0432	0,0312			0,0667	0,0878	0,1058	0,0725	0,0360	0,1004	0,0454		0,0003	0,0226	0,0098	0,0081	0,0107	0,0148	0,1826	0,0095	0,0057	0,0365	0,1062
Nereidae [A]			0,8407															0,0045											
Orbiniidae [A]			0,2373																										0,0011
Paraonidae														0,0021	nd						0,0006	0,0078		0,0148	0,0006	0,0027		0,0044	
Phyllodocidae												0,0010	0,0017									0,0003	0,0007				0,0005		
Sabellidae																													0,0015
Sigalionidae	0,0080	0,0008			0,0004	0,0005	0,0007		0,0339	0,0765	0,0013		0,0096	0,0027	0,0137	0,0081		0,0591	0,0244	0,0007	0,0159		0,0159	0,0006	0,0006	0,0111			0,0015
Spionidae	0,0498	0,0593	0,0286	0,0023	0,0041	0,0102	0,0091	0,0123	0,0208	0,0110	0,0907	0,0164	0,0831	0,0180	0,0332	nd	0,0194	0,0031	0,0004		0,0004	0,0188	0,0374	0,0219	0,0104	0,0133			
CRUSTACEA																													
Ostracoda																													
Paradoxostomatidae	0,0027	0,0008	0,0011	0,0010				0,0019			0,0007						0,0010	0,0008	0,0005	0,0007	0,0018	0,0005	0,0014		0,0007	0,0001	0,0011	0,0012	0,0016
Sarsiellidae	0,0010	0,0004	0,0014			0,0014					0,0031	0,0012	0,0012	0,0008	0,0008		0,0007												
Sarsiellidae ?				0,0019	0,0005		0,0005											0,0012	0,0003	0,0023	0,0012	0,0013	0,0035	0,0022	nd	0,0004	0,0004	0,0006	0,0019
Copepoda																													
Calanoida																							0,0003						
Tortanidae																													

Suivi environnemental au lieu d'immersion CM-7, Cap-aux-Meules, QC (1996)

Taxon	Échantillon [B]																												
	ZR3-1	ZR3-2	ZR3-4	ZR5-1	ZR5-2	ZR5-3	ZR8-1	ZR8-2	ZR8-3	ZE3-1	ZE3-2	ZE3-3	ZE5-2	ZE5-3	ZE5-5	ZE8-1	ZE8-3	ZE8-4	REF1-1	REF1-4	REF1-5	REF3-3	REF3-4	REF3-5	REF3-6	REF5-1	REF5-3	REF5-5	REF5-6
(Cyclopoida)		nd																											
Cyclopidae												0,0005													0,0006				
(Lithomolgidae [?])		nd																											
(Oithonidae)		nd																											
Mysidacea																													
(Mysidae)																													
Cumacea																													
Bodotriidae				0,0001		0,0002		0,0005														nd					0,0002	0,0006	0,0006
Diastylidae					0,0048																	0,0158	0,0042	0,0127				0,0079	
(Leuconidae)																								0,0004					
Isopoda																													
Anthuridae																													
Idoteidae		0,0035	0,0011	0,0036	0,0021	0,0005		0,0063	0,0032	0,0143	0,0014	0,0019	0,0025	0,0036	0,0077	0,0005			0,0019	0,0034	0,0055	0,0052	0,0005	0,0025	0,0005	0,0029		0,0018	0,0019
Amphipoda [A]	0,0009																									0,0002			
Ampeliscidae																				0,0079									
Isaeidae			0,0003	0,0007	nd	0,0003	0,0003	0,0007	0,0014	0,0005	0,0006			0,0003	0,0005		0,0006				0,0009	nd	0,0007		0,0004	0,0011	0,0041	0,0006	0,0011
Lysianassidae																				0,0047									
(Phoxocephalidae)												0,0015																	
(Stenothoidae)																									0,0006				
Decapoda																													
Brachyura																													
Cancridae			0,1577																					nd					
ACARI						nd																							
ECHINODERMATA																													
Echinarachnidae															37,1701								22,5800						27,6785
Incluant les échinodermes																													
Biomasse totale (g)	0,3011	0,1827	1,5158	0,0617	0,1804	0,1327	0,1235	0,1735	0,4770	0,1877	0,3175	0,1622	0,4782	0,2675	37,3413	0,1756	0,1307	0,1920	0,0617	0,1958	0,2649	0,9651	22,8033	0,1812	0,3652	0,1818	0,1565	0,2374	27,8738
Biomasse / m^2 (g/m^2)	7,53	4,57	37,90	1,54	4,51	3,32	3,09	4,34	11,93	4,69	7,94	4,06	11,96	6,69	933,53	4,39	3,27	4,80	1,54	4,90	6,62	24,13	570,08	4,53	9,13	4,55	3,91	5,94	696,85
Sans les échinodermes																													
Biomasse totale (g)	0,3011	0,1827	1,5158	0,0617	0,1804	0,1327	0,1235	0,1735	0,4770	0,1877	0,3175	0,1622	0,4782	0,2675	0,1712	0,1756	0,1307	0,1920	0,0617	0,1958	0,2649	0,9651	0,2233	0,1812	0,3652	0,1818	0,1565	0,2374	0,1953
Biomasse / m^2 (g/m^2)	7,53	4,57	37,90	1,54	4,51	3,32	3,09	4,34	11,93	4,69	7,94	4,06	11,96	6,69	4,28	4,39	3,27	4,80	1,54	4,90	6,62	24,13	5,58	4,53	9,13	4,55	3,91	5,94	4,88

[A] Les biomasses rapportées pour ces taxons comprennent des morceaux de spécimens (spécimens incomplets).

[B] nd = non détectable.

Note: Les échinodermes n'ont été inclus dans aucune analyse statistique utilisant les données de biomasse. Les taxons apparaissant entre parenthèses étaient considérés comme des taxons rares et n'ont pas été inclus dans l'analyse des correspondances.